

2012

TNO

TACHTIG JAAR

DE STRATEGIE - HET ZIJN GEEN GERINIGE AMBITIES DIE HIER GEFORMULEERD WORDEN. HET DOELSTELLINGEN, WAARVAN DE REALISATIE EEN VERD WORDT HET PROGRAMMA OOK CONCRETTER? ZEKER WEL. HET GROOTSTE DEEL VAN HET GEDENKTE DOELSTELLINGEN, WAARVAN DE REALISATIE EEN VERD INNOVATIE-GEBIEDEN EN 48 ONDERZOEKSTHEMAs (ZIE TABEL 1.1). 'ENERGIE' - DAT IS NIET ALLEEN WONDERLIJK - IS EEN VAN DE ZEVEN HOOFDTHEMAs. HI INTELLIGENTE ENERGIE-ETWERKEN, IS DAARUIT VOORTVLOEIEND EEN VAN DE ONDERZOEKSTHEMAs. HET IDEE IS DAT DE ELEKTRICITEIT S- EN GA SLIMME METERS EN BESTURINGSSYSTEMEN, GROOTSCHALIGE EN KLEINSCHALIGE PRODUCTENTEN EN CONSUMENTEN VAN ELEKTRICITEIT EN NIEN ENERGIEBEHOEFTIE OP ELKAAR AFSTEMMEN. EEN WASMACHINE IN FRIESLAND SCHAKELT ZICH AF NAAR DE WIJZE VAN SPREKEN - ALS DE ZONNEPANELEN IN EEN DAG EEN OVERSCHOT AAN GOEDKOPE ELEKTRICITEIT PRODUCEREN. HET STREVEN IS EEN DUURZAME EN EFFICIENTE ENERGIETUIN (OVER JEUGD MET DECENTRALE OPWEKKERS VAN BIOGAS, ZONNE EN WINDENERGIE DEZELFDE LEVEN CYCLUS BEKERHEID BIEDEN ALS NU HET GEVAL IS MET DESSSEL DE NEDERLANDSE JEUGD VOELT ZICH IN HET ALGEMEEN GELUKKIG. DE GEZONDHEID EN WELBEGINGEN VAN DIE JONGEREN WORDEN HITE DE JEUGD STERK TOE. EEN KWART ERVAN LIJDT AAN EEN CHRONISCHE ZIEKTE. JONGERE OUDEREN DRAGEN ZICH MEER EN MEER ONVEILIG EN GEZOND, NEEMT NOG ALTIJD TOE. DE PROBLEMEN VEREISEN VOORAL EEN PREVENTIEVE AANPAK. DE ROL VAN DE RACHT DAAROM ALLEEREST RISICO'S OP TE BOREN E RISICO'S TE MINIMALISEREN. DAARNAAST WIL ZIJ DE METHODEN VAN ARTSEN EN HULPVERLENERS WETENSCHAPPELIJK ONDERSOUWEN. BOVENDIEN EN EEN NAUWERE AFSTEMMING OP DE JEUGDZORG NA. DEZE BLIJKT VERSNIJPERD TE ZIJN. GEDROOR PROBLEMEN ONOPGEMERKT EN ONOPGELOST B EEN WEIDS PANORAMA VOOR ONDERZOEK EN SCHETST DE CONTEXT VAN DE ONDERZOEKSGESTUKKEN. DE BEVOLKINGSGROEI BUITEN EUROPA, DE ENERGIJE, VOEDSEL EN ANDERE HULPBRONNEN, VERGRUZZING VAN DE EUROPESE BEVOLKING ZORGT VOOR EEN VERSCHUIVING NAAR OUDE GEZONDHEIDSVoorzIENINGEN. GLOBALISERING DOET EEN BEROEP OP HET CONCUREREN EN VERMOGEN VAN NEDERLAND EN VEREIST DOOR ENGE ECONOMIEEN VAN ONDER ANDERE CHINA EN BRAZILIE VEROORZAKEN EEN DREIGEND TEKORT AAN METALEN ZOALS LOOD, ZINK EN PLATINA. LINIEN VAN INSTABILITEIT, VERLIES VAN ECONOMISCHE CONCURRENTIEKRACHT, IMMIGRATIE, VERSCHEIDING, VERSCHUIVENDE POLITIEKE EN ECONOMISCHE STRATEGISCHE PLAN OP, ... DE UITDAGINGEN AAN HET BEGIN VAN DE 21ST EEUW ZIJN ONGEBEGRIPEN. WE LEVEN IN EEN TIJD VAN VERANDERINGEN OP EEN DAN ONZE GENERATIE OOT GEKEND HEEFT. WERELDWIJD, OP SOCIAAL GEBIED, OP ECONOMISCH GEBIED, OP MILIEUGEBIED. HET ONTWERPEN VAN TECHNLOGISCHE BREEKpunTEN, DE MAATSCHAPPIJ GAAT EEN NIEUW, TIJDPERK TEGEWERTIG EN DAT GELDT OOK VOOR TNO. **DE TOEGEVOEGDE W** STRATEGISCHE PLAN GESCHREVEN WERD, VERKEERDE HET WESTEN IN EEN ECONOMISCHE RECESSIE. DE EUROCRISIS WAS NRG NIEUW WERELD. HET ONDERBOERHIED IN HET TECHNOLOGIEBELEID GING INGRIPDEN. MAAR DE WIJZE WAAROP WAS NIET BEKEND. INMIDDELS IS DUIDELIJK DAT ER STEVIG OP O BOVENDIEN VALT TNO NIET MEER ONDER HET MINISTERIE VAN ONDERWIJS, CULTUUR EN RECREATIE, MAAR HET ROER TEN AANZIEN VAN ONDERZOEK EN INNOVATIE TOEGEVOEGDE BELEID GEINTRODUCERD. HET STRATEGISCHE PLAN GEEFT AAN HOE TNO TOEGEVOEGDE BELEID VERBETEREN OP DEZE EXTERNE ONTWIKKELINGEN. MAAR INVLOED OP TNO DOEN GELDEN. HOE DRASTISCH ZAL TNO VERANDEREN? IS ER ECHT SPANNE VAN EEN OMMEKERER? IN DE GESCHIEDENIS VAN TNO WIJZEN, BIJVOORBEELD DE TWEEDE WERELDOORLOG EN DE JAREN ZEVENTIG VAN DE TWINTIGSTE EEUW, MAAR GELDT DAT OOK VOOR HET HUIDE TIJDE. DE LANGE TERMIJN KAN DAAR MEER HELDERHEID IN BRENGEN. DIT BOEK OVER DE GESCHIEDENIS VAN TNO WIL ZON PERSPECTIEF AANREKEN. EN WIL AND DEZE TIJD ENORME UITDAGINGEN GEFORMULEERD. ZAL TNO DAARIN DAADWERKELIJK EEN BIJDRAGE KUNNEN HEBBEN? BESCHIKT TNO OVER DE NODIGE GELDEN AAN DE OPLOSSINGEN VAN DE NIEUWE VRAAGSTUKKEN TE LEVEREN? DOET HET BESMAKELIJK TNO ERTROE? TNO CLAIMT VAN WEL. INNOVATIE MET TNO ZET IN OP CONCRETE ONDERZOEKSRISULTATEN VOOR DE VERBETERING VAN DE LEIDENDHEID, DE GEZONDHEID, DE PRODUCTEN, DIENSTEN EN PRODUCTIEPROCESSEN, EN HET OPRICHTEN VAN NIEUWE BEDRIJVEN. HET GAAT OOK OM ONDERZOEK DAT LEIDT IN NIEN BELEID. MET HET CLAIMEN VAN DIE IMPACT RAAKT TNO EEN POLITIEKE GEVOELIGE SMAAR. RELEVANTIG DUKT DE DISCUSSIE OVER DE TOEGEVOEGDE W OP. ONDERZOEK WORDT VAAK ALS EEN MIDDEL GEZIEN. UITEINDELIJK DRAAIT HET OM INNOVATIES. NEDERLAND ZOU EXCELLEN EN OP ONDERZOEK INNOVATIEVE VERMOGEN BLIJFT DAARBIJ ACHTER. ONDERZOEKSORGANISATIES WORDEN HIER OP HERHAALDELIJK AANGESPROKEN. DAT GELDT OOK VO MARKT GEORIENTEERD MOETEN ZIJN EN EEN GROTER ACCENT OP INNOVATIES MOETEN LIGEN. WERKLOOPT DIE KRITIEK? DIE VRAAG IS MOEILIJK TE BEAN BOEK NIET UIT DE WEG GAAN. HET GAAT IMMERS OVER DE LEGITIMERING VAN TNO, NU EN TOEGEVOEGDE W VERLEDEN. VAN TNO WERD VERWACHT DAT ZIJ EEN NEDERLAND ZOU LEVEREN. DEED ZIJ DAT OOK? VOEDING EN GEZONDHEID LIETEN IN HET VERLEDEN TE WENSEN OVER. LEIDDE HET ONDERZOEK VAN TNO HET NEDERLANDSE LEGER MOEST IN NAVO-VERBAND DEFENSIEVE TAKEN OP ZICH NEMEN. HET ONDERZOEK VAN TNO DAARNA BIJ DERG

RE INVULLING EN UITWERKING VERDIENT. DE PLANNEN: ZEVEN HOOFDTHEMAs, 20 ONDERZOEK NAAR SMARTGRIDS, OFWEL IETWERKEN GEBRUIK GAAN MAKEN VAN DAN INFORMATIE UITWISSELEN EN DE LIMBURSE WOONWIJK OP EEN ZONNIGE INING. IN 2050 MOETEN DE NETWERKEN RANDSTOFFEEN. EEN ANDER VOORBEELD. BEDREIGD. OVERGEWICHT NEEMT ONDER ET ALCOHOLGEBRUIK IS OMVANGRIJK EN INTERVENTIES TE ONTWIKKELEN OM DIE REEFT ZIJ EEN BETERE ORGANISATIE VAN IJVEN. HET STRATEGISCHE PLAN ONTVOUT T TOT DREIGENDE TEKORTEN AAN WATER, DOMSziekten EN KNEL-PUNTEN IN DE AR EEN KENNISECONOMIE. OPKOMENDE ANDERING, SOCIAAL-MAATSCHAPPELIJKE REDDVERHOUDINGEN ...; ZO SOMT HET IOTERE SCHAAL EN IN EEN HOGER TEMPO IN SUGGEREERT MAATSCHAPPELIJKE EN IRDE - EEN SAILLANT DETAIL. TOEN HET WEL WAS HET REEDS DUIDELIJK DAT DE ONDERZOEK BEZUINIGD ZAL GAAN WORDEN. DE ORGANISATIE IS NAAR ECONOMISCHE HE OMGEGOOID EN HET ZOGENAAMDE ER ZIJN NOG MEER KRACHTEN DIE HUN ZIJN DUIDELIJKE BREEKpunTEN AAN TE SGEWICHT? EEN PERSPECTIEF VOOR DE IE INTERESSANTE VRAAG. ER WORDEN IN HEDEN OM EEN SUBSTANTIELE BIJDRAGE IMPACT, ZO HEET HET STRATEGISCHE PLAN. HET GAAT OM NIEUWE EN VERBETERDE WE REGELGEVING EN VERNIEUWING VAN DE VAN HET ONDERZOEK IN NEDERLAND E BELEID. ZO WORDT GESTELD, MAAR HET R TNO. DE ORGANISATIE ZOU MEER OP DE IORDEN, MAAR WIJ ZULLEN HEM IN HET BIDRAGE AAN DE INDUSTRIALISATIE VAN I (MEDE) TOT EEN VERBETERING ERVAN? IJKE VRAAGEN VORMEN DE LEIDRAAD VAN

› COLOFON

REDACTIE

Harry Lintsen

AUTEURS

Harry Lintsen, Hans Schippers, Eric Berkers, Arjan van Rooij en Hans Bouter

MET BIJDRAGEN VAN

E.J. Velzing, M. Hollestelle, M. Driesse en P. Vos

BEGELEIDINGSKOMMISSIE

C. van Heest (TNO), C. Ekkers (TNO), B. van der Meulen (Rathenau Instituut)
en J. Schot (Technische Universiteit Eindhoven)

TEKSTREDACTIE

P. Scheider

VORMGEVING

BARLOCK, Den Haag

COPYRIGHT EN AUTEURSRECHT

Copyright samenstelling: TNO (Delft) en Stichting Historie der Techniek (Eindhoven).
Het auteursrecht op de afzonderlijke teksten berust bij de betreffende auteurs.

› TACHTIG JAAR TNO

REDACTIE

Harry Lintsen

AUTEURS

Harry Lintsen, Hans Schippers, Eric Berkers, Arjan van Rooij en Hans Bouter

TACHTIG JAAR TNO

PROLOOG: AMBITIES, TOEN EN NU

1. EEN NIEUW TIJDPERK VOOR TNO

- 11 De strategie
- 12 De toegevoegde waarde
- 13 De klanten
- 15 De onderzoeksinfrastructuur
- 16 De organisatie
- 16 Een geschiedschrijving van TNO

1932

2. DE OPRICHTING VAN TNO

- 20 De oorsprong
- 23 Een moeizame start
- 27 De organisatie van TNO
- 31 Tachtig jaar TNO

5. TNO EN MODERNISERING (1980-2012)

- 60 Naar een organisatie voor contractresearch (1980-2012)
- 62 De ondergang van het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut
- 64 Excellentie in bouw en ondergrond
- 68 TNO en de informatietechnologie
- 72 TNO en modernisering
- 73 TNO ter discussie: de commissie-Wijffels

6. HIGHTECH SYSTEMEN

- 78 De voorgeschiedenis
- 81 Geluid
- 82 Optica
- 83 Elektronenmicroscop
- 85 Andere vroege activiteiten
- 85 SCIAMACHY
- 87 ASML
- 90 Evolutie

DEEL I: TECHNOLOGIE EN ECONOMIE

3. TNO EN DE INDUSTRIALISATIE (1940-1970)

- 35 Een bloeiperiode
- 37 Naar een organisatie voor collectieve research (1940-1970)
- 39 Kunststoffen en het Kunststoffeninstituut TNO
- 42 De Bouw en het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies
- 46 Leer, schoenen en het Leerinstituut TNO
- 48 TNO en de industrialisatie

4. TNO TER DISCUSSIE (1970-1980)

- 54 TNO ter discussie: de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid
- 56 De reorganisatie van 1980 en de TNO-wet van 1985

7. ONDERZOEK NAAR VOERTUIGEN

- 92 De pioniersjaren van 'Wegtransportmiddelen'
- 93 De opmars van de verbrandingsmotor
- 94 Aansluiting bij TNO
- 94 Keuringen: van kinderzitjes tot kenniscentrum
- 96 Voertuigdynamica: stabiliteit als hoofdprobleem
- 97 Onderzoek aan blokkerende wielen
- 98 Verbrandingsmotoren: zoveel mogelijk groene oplossingen
- 100 DAF tegen luchtvervuiling
- 101 Botsveiligheid: spectaculair en effectief
- 102 MADYMO
- 102 Recente ontwikkelingen

DEEL II: WELVAART EN WELZIJN

8. TNO EN VOEDING (1940-1990)

- 108 De oprichting van de Voedingsorganisatie TNO (1940)
- 111 Het voedingsonderzoek (1940-1970)
- 116 Welvaart als probleem (1970-1990): milieu, overgewicht en kanker

9. VOEDSELVEILIGHEID

- 120 De Planta-affaire als katalysator
- 122 'Ongepaste nieuwsgierigheid' en single cell proteïns
- 123 Het sulfietonderzoek
- 124 Gemodificeerd zetmeel
- 124 Vinylchloride
- 125 Het inhalatieonderzoek
- 126 Tussen bedrijfsleven en consumentenorganisaties
- 128 Recente uitdagingen: mengsels, genomics en systeembioïogie

11. HART- EN VAATZIEKTEN

- 144 Vetten en vaatwanden
- 146 'Veeleerij'
- 147 Toponderzoek
- 148 Het epidemiologisch onderzoek
- 150 Het Gaubius Instituut TNO

13. NAAR EEN INTEGRATIE VAN VOEDING EN GEZONDHEID (1990-2012)

- 158 De verschillen overwonnen
- 159 Het gerontologisch onderzoek
- 160 'Functional food'
- 162 Gezond Leven

10. TNO EN GEZONDHEID (1949-1970)

- 130 De oprichting van de Gezondheidsorganisatie TNO (1949)
- 133 Het gezondheidsonderzoek (1949-1970)
- 136 Geneesmiddelen en tuberculose
- 138 De echografie
- 140 De fluoridering van drinkwater
- 142 Veelkleurig palet

12. HET GEZONDHEIDSONDERZOEK IN PROBLEMEN (1970-1990)

- 152 Gezondheidszorg ter discussie
- 153 Tekorten en bezuinigingen
- 153 Kwetsbaar onderzoeksgebied

DEEL III: DEFENSIE EN VEILIGHEID

14. TNO EN DEFENSIE (1946-1990)

- 165 De oprichting van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO (1946)
- 167 Het defensieonderzoek (1946-1990)
- 170 Samenwerking in NAVO-verband
- 173 Samenwerking met andere organisaties
- 174 Het defensieonderzoek ter discussie
- 176 De TNO-wet van 1985

17. INTERACTIE TUSSEN MENS EN TECHNIEK

- 190 Scheepsbruggen op het droge
- 191 Een uniek instituut
- 191 Het testen van ogen en oren van burger en militair
- 193 Nieuwe onderzoeksgebieden na 1970: systeemergonomie, bewegingsziekte en opleidingskunde
- 195 Mens-techniekinteractie en Integrale Veiligheid

15. NAAR INTEGRALE VEILIGHEID (1990-2012)

- 178 'Een andere wereld, een andere defensie'
- 180 Kwetsbaar Nederland
- 180 Cameratoezicht
- 181 Veranderende relatie met Defensie
- 182 Naar integrale veiligheid

16. BESCHERMING TEGEN CHEMISCHE OORLOGVOERING

- 184 'De oorlog van de chemici'
- 184 Het Chemisch Laboratorium TNO
- 187 Het Chemisch Wapenverdrag
- 188 TNO en het Chemisch Wapenverdrag

18. DE FYSISCH-ELEKTRONISCHE REVOLUTIE

- 199 Telecommunicatie
- 200 Waarnemingssystemen
- 201 Operationele research en bedrijfsvoering
- 202 Informatieverwerking en informatietechnologie
- 203 Radar
- 205 Phased array-radar
- 207 Nederland Radarland

EPILOOG: GESCHIEDENIS EN TOEKOMST

19. WELKE ROL VERVULT TNO IN DE COÖRDINATIE EN STURING VAN ONDERZOEK?

- 211 'Versnippering van krachten en gebrek aan systeem'
- 212 De gemengde organisatie
- 216 Naar andere vormen van coördinatie en sturing
- 218 Economische Zaken en het technologiebeleid
- 221 Vraaggestuurde programma's
- 222 Ambitie en perspectief

20. WAT IS TOEGEPAST ONDERZOEK EN WAT BRENGT HET OP?

- 225 Meten en keuren: de veranderde status
- 228 Toegepast onderzoek: het misverstand
- 231 Collectief onderzoek en contractonderzoek
- 232 Collectief onderzoek en het innovatieve vermogen
- 236 Kennisoverdracht
- 237 Contractonderzoek en andere vormen van kennisbenutting
- 239 Kennisvalorisatie in enge en in brede zin

21. HOE BEREIKT TNO HET MIDDEN- EN KLEINBEDRIJF?

- 242 Het MKB, een oude liefde
- 244 Opnieuw op zoek naar het MKB (na 1970)
- 245 Het MKB en de hedendaagse kennisinfrastructuur
- 246 Het MKB en TNO
- 248 Naar nieuwe relaties met het MKB

22. STAAT TNO OP EEN BREEKPUNT?

- 251 Het gedenkboek van 1957 en de tijdgeest
- 253 De omslag
- 254 Structurele veranderingen
- 256 Een nieuwe TNO?

NAWERK

REFERENTIES

- 261 Noten bij de Proloog
- 264 Noten bij Deel I
- 272 Noten bij Deel II
- 278 Noten bij Deel III
- 282 Noten bij de Epiloog

LIJST VAN TABELLEN, GRAFIEKEN EN SCHEMA'S

297

VERANTWOORDING

298

GERAADPLEEGDE BRONNEN

- 288 Literatuurlijst
- 296 TNO-archieven
- 296 TNO-jaarverslagen
- 296 Algemene TNO-tijdschriften

2012

PROLOOG: AMBITIES, TOEN EN NU

Hoe bereiken wij een duurzame samenleving? Met deze vraag opent het Strategisch Plan van TNO uit 2010. Daarmee geeft de organisatie haar ambitie voor de komende decennia aan. Als grootste zelfstandige research-organisatie van Nederland wil zij een bijdrage leveren aan de vraagstukken van deze tijd. Duurzaamheid voert hierbij de lijst aan. Hoogwaardige werkgelegenheid en de concurrentiepositie van Nederland zijn andere prioriteiten. Uiteindelijk gaat het om welzijn en welvaart, en dat niet alleen voor de Nederlander.

DE STRATEGIE

Het zijn geen geringe ambities die hier geformuleerd worden. Mooie doelstellingen, waarvan de realisatie een verdere invulling en uitwerking verdient. Wordt het programma ook concreter? Zeker wel, het grootste deel van het rapport bestaat uit een gedetailleerde uitwerking van de plannen: zeven hoofdthema's, 20 innovatiegebieden en 48 onderzoeksthema's (zie tabel 1.1). 'Energie' - dat is niet verwonderlijk

Tabel 1.1: De nieuwe strategie van TNO: 7 hoofdthema's en 20 innovatiegebieden

HOOFDTHEMA	INNOVATIEGEBIED
Gezond Leven	Levenslang gezond
	Gezonde en veilige voeding
	Gezond, veilig en productief werken
	Biomedische innovaties
Industriële Innovatie	Hightech systemen en materialen
	Maritiem en offshore
	Chemie
Integrale Veiligheid	Wereldwijd inzetbare krijgsmacht
	Veilige maatschappij
Energie	Energiebronnen en transitie
	Energie-efficiëntie
Mobiliteit	Betrouwbaar verkeerssysteem
	Veilige en schone transportmiddelen
Gebouwde Omgeving	Vitale stedelijke omgeving
	Duurzaam bouwen
	Informatie en ondergrond
Informatiemaatschappij	Toekomstig internetgebruik
	Maatschappelijke impact van ict
	Vitale ict-infrastructuren
	Space

Bron: TNO Strategisch Plan 2011-2014. Innoveren met impact (z.pl. 2010), 36-37.
Het innovatiegebied 'Space' is later toegevoegd.

- is een van de zeven hoofdthema's; het onderzoek naar smartgrids, ofwel intelligente energienetwerken, is daaruit voortvloeiend een van de onderzoeksthema's.¹ Het idee is dat de elektriciteits- en gasnetwerken gebruik gaan maken van slimme meters en besturingssystemen. Grootschalige en kleinschalige producenten en consumenten van energie kunnen dan informatie uitwisselen en de energiebehoefte op elkaar afstemmen. Een wasmachine in Friesland schakelt in - bij wijze van spreken - als de zonnepanelen

in een Limburgse woonwijk op een zonnige dag een overschot aan goedkope elektriciteit produceren. Het streven is een betrouwbare, duurzame en efficiënte energievoorziening. In 2050 moeten de netwerken met decentrale opwekkers van biogas, zonne- en wind-energie dezelfde leveringszekerheid bieden als nu het geval is met fossiele brandstoffen.

Een ander voorbeeld. De Nederlandse jeugd voelt zich in het algemeen gelukkig.² De gezondheid en ontplooiingskansen van die jongeren worden echter bedreigd. Overgewicht neemt onder de jeugd sterk toe. Een kwart ervan lijdt aan een chronische ziekte. Jongeren gedragen zich meer en meer onveilig en ongezond. Het alcoholgebruik is omvangrijk en neemt nog altijd toe. De problemen vereisen vooral een preventieve aanpak. TNO tracht daarom allereerst risico's op te sporen en interventies te ontwikkelen om die risico's te minimaliseren. Daarnaast wil zij de methoden van artsen en hulpverleners wetenschappelijk onderbouwen. Bovendien streeft zij een betere organisatie van en een nauwere afstemming op de jeugdzorg na. Deze blijkt versnipperd te zijn, waardoor problemen onopgemerkt en onopgelost blijven.

Het Strategisch Plan ontvouwt een weids panorama voor onderzoek en schetst de context van de onderzoeksvraagstukken. De bevolkingsgroei buiten Europa leidt tot dreigende tekorten aan water, energie, voedsel en andere hulpbronnen. Vergrijzing van de Europese bevolking zorgt voor een verschuiving naar ouderdomsziekten en knelpunten in de gezondheidsvoorzieningen. Globalisering doet een beroep op het concurrentievermogen van Nederland en vereist de overgang naar een kenniseconomie. Opkomende economieën van onder andere China en Brazilië veroorzaken een dreigend tekort aan metalen zoals lood, zink en platina.

'Klimaatverandering, sociaal-maatschappelijke instabiliteit, verlies van economische concurrentiekracht, immigratie, vergrijzing, verschuivende politieke en economische wereldverhoudingen ...', zo somt het Strategisch Plan op, '... de uitdagingen aan het begin van de 21^{ste} eeuw zijn ongekend. We leven in een tijd van veranderingen op een grotere schaal en in een hoger tempo dan onze generatie ooit gekend heeft. Wereldwijd, op sociaal gebied, op economisch gebied, op milieugebied.'³ Het Strategisch Plan suggereert maatschappelijke en technologische breekpunten. De maatschappij gaat een nieuw tijdperk tegemoet en dat geldt ook voor TNO.

DE TOEGEVOEGDE WAARDE

Een saillant detail: toen het Strategisch Plan geschreven werd, verkeerde het Westen in een economische recessie. De eurocrisis was nog niet aan de orde. Wel was het reeds duidelijk dat de overheid in het technologiebeleid ging ingrijpen. Maar de wijze waarop was niet bekend. Inmiddels is duidelijk dat er stevig op onderzoek bezuinigd zal gaan worden. Bovendien valt TNO niet meer onder het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, waar ze bijna tachtig jaar heeft gezeten. De organisatie is naar Economische Zaken, Landbouw en Innovatie verhuisd. Daarbij heeft dit laatste ministerie het roer ten aanzien van onderzoek en innovatie omgegooid en het zogenaamde Topsectorenbeleid geïntroduceerd. Het Strategisch Plan geeft aan hoe TNO wil reageren op deze externe ontwikkelingen. Maar er zijn nog meer krachten die hun invloed op TNO doen gelden.

Hoe drastisch zal TNO veranderen? Is er echt sprake van een ommekeer? In de geschiedenis van TNO zijn duidelijke breekpunten aan te wijzen, bijvoorbeeld de Tweede Wereldoorlog en de jaren zeventig van de twintigste eeuw. Maar geldt dat ook voor het huidige tijdsgewricht? Een perspectief voor de lange termijn kan daar meer helderheid in brengen. Dit boek over de geschiedenis van TNO wil zo'n perspectief aanreiken.

Een andere interessante vraag. Er worden in deze tijd enorme uitdagingen

geformuleerd. Zal TNO daarin daadwerkelijk een inbreng kunnen hebben? Beschikt TNO over de mogelijkheden om een substantiële bijdrage aan de oplossingen van de nieuwe vraagstukken te leveren? Doet het bestaan van TNO ertoe? TNO claimt van wel. 'Innoveren met Impact', zo heet het Strategisch Plan. TNO zet in op concrete onderzoeksresultaten voor de verbetering van de duurzaamheid, de kenniseconomie, de gezondheid, etc. Het gaat om nieuwe en verbeterde producten, diensten en productieprocessen, en het oprichten van nieuwe bedrijven. Het gaat ook om onderzoek dat leidt tot nieuwe regelgeving en vernieuwing van beleid.

Met het claimen van die impact raakt TNO een politiek gevoelige snaar. Regelmatig duikt de discussie over de toegevoegde waarde van het onderzoek in Nederland op. Onderzoek wordt vaak als een middel gezien. Uiteindelijk draait het om innovaties. Nederland zou excelleren op onderzoeksgebied, zo wordt gesteld, maar het innovatieve vermogen blijft daarbij achter. Onderzoeksorganisaties worden hierop herhaaldelijk aangesproken. Dat geldt ook voor TNO. De organisatie zou meer op de markt georiënteerd moeten zijn en een groter accent op innovaties moeten leggen. Klopt die kritiek? Die vraag is moeilijk te beantwoorden, maar wij zullen hem in het boek niet uit de weg gaan. Het gaat immers over de legitimering van TNO, nu en in het verleden. Van TNO werd verwacht dat zij een bijdrage aan de industrialisatie van Nederland zou leveren. Deed zij dat ook? Voeding en gezondheid lieten in het verleden te wensen over. Leidde het onderzoek van TNO (mede) tot een verbetering ervan? Het Nederlandse leger moest in NAVO-verband defensieve taken op zich nemen. Wat droeg het onderzoek van TNO daaraan bij? Dergelijke vragen vormen de leidraad van dit boek.

DE KLANTEN

Hoe ingewikkeld een beoordeling van TNO - zelfs in retrospectief - ligt, blijkt als wij naar de klanten van TNO kijken (zie tabel 1.2, 1.3 en 1.4). TNO neemt deel in circa tachtig commerciële bedrijven, ieder met hun eigen producten, diensten en klantenkring. Deze bedrijven zijn veelal ontstaan als *spin-offs* van het TNO-onderzoek en ze hebben een marktomzet van € 78 miljoen (in 2010).⁴ Het grootste deel van de markt-omzet van TNO (€ 369 miljoen in 2010) komt echter van contractonderzoek (€ 291

Tabel 1.2: Omzet van TNO naar inkomstenbron (2010)

	MILJOEN EURO'S	PERCENTAGE
Overheidssubsidie*	195	35
TNO bedrijven**	78	14
Contractonderzoek	291	51
TOTAAL	564	100%

Bron: TNO Jaarverslag 2010, 11.

* Overheidsfinanciering voor onderzoek waarin na overleg met betrokken instanties wordt geïnvesteerd in kennisontwikkeling voor bepaalde thema's, over thema's heen of voor beleid.

** Geconsolideerde omzet van de groepsmaatschappijen die onder de holding TNO Bedrijven B.V. vallen en waarin TNO een aandeel van 50% of meer heeft.

miljoen). TNO verricht onderzoek voor een gevarieerde kring van meer dan 5000 klanten. Daaronder zitten grote klanten als het ministerie van Defensie, ASML, het (voormalige) ministerie van Economische Zaken en de Europese Unie. Een vijftigtal klanten zorgt voor circa 50% van de omzet. De relatie met deze klanten verschilt sterk. De grootste klant is het ministerie van Defensie. TNO was tot voor kort het 'huislaboratorium' van dit ministerie. Bij ASML is sprake van een één-op-éénrelatie en doet TNO onderzoek

Tabel 1.3: Contractonderzoek van TNO naar type opdrachtgever (2010)

	MILJOEN EURO'S	PERCENTAGE
Nederlandse bedrijven	144	39
Nederlandse overheden	97	26
Internationale contracten	128	35
TOTAAL	369	100%

Bron: TNO Jaarverslag 2010, 11.

Tabel 1.4: Omzet contractonderzoek van TNO bij Nederlandse bedrijven naar sector in procenten (2008)

SECTOR	PERCENTAGE
Maakindustrie	37
Multimedia en ict	18
Bouw	9
Voeding	8
Energie en nutsbedrijf	6
Chemie	6
Gezondheid	5
Diensten	5
Transport	3
Farma	3
TOTAAL	100%

Bron: TNO Strategisch Plan 2011-2014. Innoveren met impact (z.pl. 2010), 102.

in opdracht. Voor de Europese Unie wordt onderzoek gedaan in het kader van grote programma's en vormt TNO met andere partijen internationale consortia. Economische Zaken ondersteunt onderzoek in Nederland met subsidieregelingen en zet onderzoek uit door de financiering van projecten en programma's. Dat levert een diversiteit aan samenwerkingsverbanden op tussen TNO en andere partijen.

Naast de grote klanten zijn er duizenden kleine klanten, waarmee TNO specifieke relaties onderhoudt. Daaronder vallen lagere en hogere overheden, kleinere en grotere instellingen, alsook het midden- en kleinbedrijf. In het bedrijfsleven komt men TNO in ten minste tien sectoren tegen (zie tabel 1.4): veelvuldig in de maakindustrie en de ict-sector, minder in de farmaceutische en de transportindustrie. De relatie van TNO tot het midden- en kleinbedrijf krijgt onze speciale aandacht. Veelal blijken grote bedrijven de kennisinstellingen makkelijk te vinden. Dat ligt problematisch voor middelgrote en kleine bedrijven. Zij behoren echter wel tot de klantenkring van TNO. Hoe speelt TNO dat klaar?

TNO heeft, kortom, een lange geschiedenis in het omgaan met een zeer diverse klantenkring met een grote verscheidenheid aan eisen en wensen. In de omgang met klanten zijn diverse vormen uitgeprobeerd met verschillende resultaten. Het beoordelen van het werk van TNO vraagt derhalve om een nauwkeurige en genuanceerde kijk op de eisen die van verschillende kanten aan TNO worden gesteld.

DE ONDERZOEKSINFRASTRUCTUUR

De omgeving van TNO is nog in een ander opzicht complex. De organisatie maakt deel uit van een uitgebreide onderzoeksinfrastructuur. TNO is qua omvang verreweg de grootste zelfstandige onderzoeksorganisatie in Nederland (zie tabel 1.5). Ze heeft een omzet van € 564 miljoen en telt tegen de 4000 werknemers (in 2010). De nummers twee en drie in de rangorde zijn ECN (Energieonderzoek Centrum Nederland) en Deltares.⁵ Zij hebben elk minder dan € 150 miljoen te besteden en nog geen 1000 werknemers. Er is één onderzoeksorganisatie in Nederland die TNO de baas is, en wel Philips Research, met een omzet van meer dan € 600 miljoen en iets meer dan 4000 werknemers (zie tabel 1.6). Philips Research is echter onderdeel van een grote multinational. Andere industriële researchlaboratoria van omvang zijn die van ASML, DSM, NXP Semiconductors, Unilever en KPN/Getronics, alle met meer dan 1000 werknemers. Ten slotte telt Nederland nog honderden kleinere industriële researchlaboratoria, universitaire onderzoeksinstituten, (semi-)overheidslaboratoria en dergelijke.

Tabel 1.5: De vijf grootste zelfstandige onderzoeksinstituten van Nederland in 2010

NAAM VAN DE ORGANISATIE	OMZET IN MILJOENEN EURO'S	MEDEWERKERS	WERKGEBIED
TNO	564	3877	Divers, zie tabel 1.1
ECN	137	628	Duurzame energie, energiebeleid
Deltares	113	800	Deltatechnologie
Stichting FOM*	91	989	Fundamenteel natuurkundig onderzoek
NLR	75	663	Luchtvaart, ruimtevaart

Bron: Technisch Weekblad 42 (2011), 9 april, 9.

* Stichting FOM is een onderdeel van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

Hoe verhoudt TNO zich tot deze organisaties? Welke positie heeft TNO in de onderzoeksinfrastructuur? In hoeverre is de positie van TNO verschoven? Een belangrijke vraag is ook: waarin onderscheidt het onderzoek van TNO zich van andere kennisinstellingen, met name van het universitair onderzoek? Universiteiten zouden zogenaamd fundamenteel onderzoek doen en TNO het toegepaste onderzoek. Klopt dat beeld? En wat is toegepast onderzoek? Wij zullen er in dit boek uitgebreid aandacht aan besteden.

Tabel 1.6: De tien grootste industriële laboratoria van Nederland in 2010

NAAM VAN HET BEDRIJF	OMZET IN MILJOENEN EURO'S	MEDEWERKERS IN NEDERLAND
Philips	617	4075*
ASML	376	2500
Shell	356**	480
DSM	222	1486
NXP Semiconductors	207	1350
Unilever	165**	1120
Océ-technologies	152	801
KPN/Getronics	140	1461
Akzo/Nobel	87	500
Thales Nederland	74	886

Bron: Technisch Weekblad 42 (2011), 9 april, 9.

* Het is niet duidelijk of alle medewerkers in Nederland zitten.

** Geen Nederlandse cijfers afgegeven. Het getal is afgeleid uit de verhouding medewerkers Nederland en wereldwijd in de laboratoria.

Niet alleen moet TNO voldoen aan de eisen die de diverse klanten stellen, de organisatie moet dus ook een positie zien te behouden in de dynamische onderzoeksinfrastructuur van ons land en daarbuiten.

DE ORGANISATIE

Een nieuwe strategie vraagt om een nieuwe organisatie. 'Bij de hoge ambitie van TNO ...', zo valt er in het Strategisch Plan te lezen, '... hoort een organisatievorm die deze optimaal faciliteert en een cultuur die de medewerkers uitdaagt tot vernieuwing en samenwerking.' Maar hoe krijgt men tegen de 4000 medewerkers warm voor de nieuwe missie? Lukt het om de door onderzoek gedreven medewerker enthousiast te krijgen voor maatschappelijke thema's? Zijn de circa 70 expertisegroepen die TNO nu telt, wel allemaal even relevant voor de nieuwe strategie? Zullen de onderzoekers over hun disciplines heen kijken en gaan samenwerken om de multidisciplinaire vraagstukken aan te pakken? Hoe moet de marktorientatie van TNO gekoppeld worden aan de centraal geformuleerde thema's en innovatiegebieden?

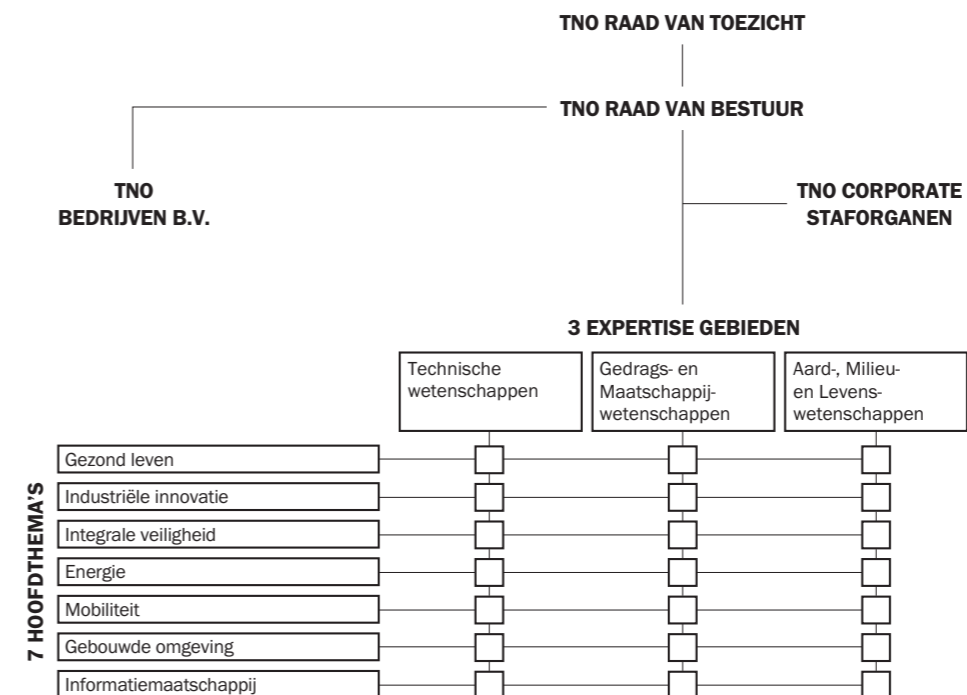
Dergelijke vragen zijn ook in het verleden binnen TNO gesteld. De organisatie is regelmatig op de schop gegaan. Op de achtergronden daarvan zullen wij in dit boek zeker ingaan. Welke organisatievormen werden eerder gehanteerd? Welke ervaringen zijn daarmee opgedaan? Voor de komende strategieperiode kiest TNO voor de thema-gerichte en projectgestuurde organisatie. Projecten zullen centraal worden aangestuurd in een matrixorganisatie via de zeven thema's en drie expertisegerieden (schema 1.1). De werkwijze moet meer synergie tussen de onderzoekers binnen TNO mogelijk maken.

EEN GESCHIEDSCHRIJVING VAN TNO

Een geschiedschrijving van TNO is feitelijk een onmogelijke opgave. Deze korte proloog laat zien hoe complex haar omgeving is, evenals haar organisatie met circa 70 expertisegroepen. Een expertisegroep is de kleinste onderzoekseenheid en in feite de werkvloer van TNO. De diverse groepen bestaan uit teams van onderzoekers met een vergelijkbare wetenschappelijke achtergrond en domeinkennis, die zich met technologische thema's bezig houden. Om aan de jarenlange historie van die groepen in een boek van beperkte omvang recht te doen, is ondoenlijk. Om een voorbeeld te geven: botsveiligheid.⁶ TNO is decennialang in de weer geweest met botsproeven, poppen en rekenmodellen om aanrijdingen te simuleren. De organisatie heeft in die jaren op de maatschappelijke discussies over verkeersveiligheid moeten anticiperen. Ze moest ook inspelen op de ontwikkelingen in de auto-industrie, de aanpassingen van de wetgeving en het veranderend rijgedrag van de automobilist. Er is voortdurend aan nieuwe veiligheidsconstructies en voorzieningen gewerkt. Testmethoden zijn verbeterd. Betrouwbare rekenmodellen zijn ontwikkeld, mede door de komst van de computer. Uit het TNO-onderzoek is onder meer het simulatieprogramma MADYMO (Mathematical Dynamical Models) voortgekomen, dat uiteindelijk wereldwijde verspreiding heeft gevonden.

Alleen al over botsveiligheid is een boek te schrijven. En zo zijn er tientallen intrigerende verhalen te vertellen. Samen zouden zij het complete beeld van TNO moeten opleveren. Het lukt natuurlijk niet om dat in dit boek te doen. Enkele expertisegroepen zullen zeker worden uitgediept, maar andere ontwikkelingen komen slechts aan de orde op het niveau van de centrale organisatie en het niveau van de instituten, 'business units' of hoe de TNO-onderdelen ook mochten heten. Dat betekent dat de analyses in dit boek hun grenzen hebben en die zullen ook worden aangegeven (zie ook het nawoord). Er blijft echter genoeg over.

Schema 1.1: De nieuwe organisatiestructuur van TNO (2011)



Het schrijven van het boek over de geschiedenis van TNO was ook een dankbare opgave. De historici kwamen daarmee in het hart van het technologisch domein terecht. Een domein dat breed moest worden opgevat, zoveel is inmiddels duidelijk. Het omvatte botsproeven, innovatieve materialen, radar en elektronenmicroscopen, maar ook hart- en vaatziekten, voedseladditieven, arbeidsomstandigheden en vele andere thema's. Het TNO-domein weerspiegelde de vraagstukken die er in Nederland leefden. De dynamiek van de samenleving zag men terug in de ontwikkeling van de organisatie. Tegelijkertijd beïnvloedde TNO op haar beurt weer de geschiedenis van Nederland.

Een geschiedenis van TNO is dus tevens een maatschappijgeschiedenis en zo is dit boek ook bedoeld. Het zal gaan over de industrialisatie en modernisering van Nederland, over het welzijn van de Nederlander en over de nationale veiligheid, en dat alles in relatie tot TNO. Dit komt in de delen I t/m III aan de orde. In deel I staat TNO en de industrie centraal, in deel II TNO in relatie tot voeding en gezondheid en in deel III TNO en defensie. In ieder van de delen zal een schets worden gegeven van de hoofdlijnen van het onderzoek, van de wijze waarop TNO het onderzoek organiseerde en van de verschuivingen die zich in de organisatie en het onderzoek voltrokken. Om meer inzicht te krijgen in de technisch-wetenschappelijke of de technisch-maatschappelijke dynamiek, worden in de drie delen diverse thema's uitgediept.

In een uitgebreide epiloog komen een viertal kernvragen van dit boek aan de orde. De eerste vraag is: welke rol heeft TNO in de coördinatie van het onderzoek vervuld? TNO heeft lange tijd sturing gegeven aan het toegepast onderzoek in Nederland. Hoe deed de organisatie dat? En doet ze dat nog steeds? Een tweede kernvraag gaat over het toegepast onderzoek. Wat is dat en wat brengt het op? TNO als onderzoeksorganisatie realiseerde op een bijzondere manier haar toegevoegde waarde. Haar naam staat voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek. Die betekenis dekte de lading niet.

Ook technologisch, sociaal-wetenschappelijk en medisch onderzoek vielen er namelijk onder. Maar wat was dat voor type onderzoek dat toepassing beoogde? Op welke wijze werd het georganiseerd? En leidde dat onderzoek aantoonbaar tot innovaties in het bedrijfsleven en bij de overheid? De derde kernvraag is: hoe bereikt TNO het midden- en kleinbedrijf? Voor deze sector vervulde TNO een speciale rol. Ze moest de sector steunen in zijn innovatieprocessen. Is dat gelukt? De vierde kernvraag is: staat TNO op een breekpunt? In het slothoofdstuk zullen we TNO in een langetermijnperspectief plaatsen en dat perspectief verbinden met de nieuwe uitdagingen waarvoor TNO zich gesteld ziet.

Harry Lintsen

2. DE OPRICHTING VAN TNO

'Is het niet dringend nodig, om met alle kracht van wetenschap en ervaring waarover Nederland beschikt, te doen zoeken naar middelen en wegen om uit de weinige beschikbare grondstoffen en productiemiddelen een zo groot mogelijk nut te trekken?'⁷ In 1917 richtte de Koninklijke Akademie van Wetenschappen (KNAW) zich met deze vraag tot de regering. De Eerste Wereldoorlog had Nederland getroffen, ondanks de neutraliteit van ons land. Er was alom schaarste en de wetenschap moest te hulp schieten.

De regering ging van harte op de uitnodiging van de academie in. Zij stelde een commissie in onder voorzitterschap van de Nobelprijswinnaar Hendrik Lorentz, hoogleraar theoretische natuurkunde en op dat moment voorzitter van de afdeling Natuurkunde van de KNAW. Er kwam een budget van circa f 100.000 beschikbaar in 1918 (circa € 618.000, prijspeil 2010).⁸ Een zelfde bedrag werd voor 1919 in het vooruitzicht gesteld. Deze forse bedragen, althans voor toenmalige begrippen, waren voor onderzoek en advies bestemd.

De commissie-Lorentz kreeg in 1924 een vervolg met de commissie-Went, vernoemd naar prof.dr. F.A.F.C. Went, hoogleraar biologie en bij de KNAW de opvolger van Lorentz. Het rapport van deze commissie resulteerde in 1930 in de 'Wet van den 30sten October, tot regeling van het toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek' (kortweg Wet TNO), die met de oprichting van de organisatie TNO in 1932 in werking trad.

DE OORSPRONG

Hiermee is de voorgeschiedenis van TNO echter niet verteld. Die geschiedenis kent verschillende contexten.⁹ Rond 1900 was de ontwikkeling van een moderne kennisinfrastructuur in Nederland in een nieuwe fase gekomen. Het industriële researchlaboratorium was daarvan het symbool. Dit nieuwe type kennisorganisatie had eind negentiende eeuw in Duitsland en Amerika furore gemaakt. Het was nauw met de chemische en elektrotechnische industrie verbonden geweest. In Nederland behoorde het Natuurkundig Laboratorium van Philips uit 1914 tot de eerste laboratoria van deze soort.

Het startte twee onderzoeksprogramma's die voor een researchlaboratorium essentieel waren.¹⁰ Het begon een breed onderzoek naar alle aspecten van de halfwattlamp, een nieuw type lamp dat Philips in productie had genomen. Met de verworven inzichten wilden de onderzoekers de lamp 'vooruit berekenen'. Tevens werd met behulp van nieuwe kennisgebieden als de gasontlading en de fluorescentie naar nieuwe lichtbronnen gezocht. Het NatLab, zoals het later kortweg werd genoemd, reageerde dus niet alleen op de praktische vraagstellingen van de fabriek, maar deed verkennend en strategisch onderzoek om de bestaande producten en productie te verbeteren of om geheel nieuwe producten te ontwikkelen. Dat soort onderzoek hadden de oprichters ook voor ogen met TNO, maar dan voor het bedrijfsleven en de overheid in het algemeen.

De commissie-Went verwees niet naar het NatLab of andere Nederlandse researchlaboratoria. Daarvoor hadden deze nog te weinig prestige. Wel werden de Verenigde Staten en Duitsland geroemd: 'Er is geen land, waar de afzonderlijke industrieële ondernemingen zulke uitstekende wetenschappelijke laboratoria hebben ingericht als in Amerika. Sommige daarvan hebben door hun wetenschappelijke publicaties een wereldreputatie.' De eer voor de schepping van deze icoon van wat wel de tweede industriële revolutie wordt genoemd, kwam echter Duitsland toe. 'De Amerikaanse fabriekslaboratoria met hun rijke uitrustingen ... hadden hun voorlopers in Duitsland, waar groote industrieel ondernemingen reeds sedert vele jaren over een uitstekend georganiseerde staf van wetenschappelijk geschoolde onderzoekers beschikken.'¹¹ Er is nog een tweede context waarin de ontstaansgeschiedenis van TNO kan worden

geplaatst. Het verschijnsel 'laboratorium' was niet nieuw. Het maakte in de negentiende eeuw al deel uit van de opbouw van de moderne kennisinfrastructuur in Nederland. Ons land legde in die eeuw de grondslag voor een technisch onderwijssysteem met de oprichting van de Koninklijke Akademie van Ingenieurs te Delft (1842, de voorloper van de Technische Universiteit Delft), middelbare technische scholen en ambachtsscholen (vanaf 1860). Er ontstonden nieuwe kennisdomeinen, bijvoorbeeld de werktuigbouwkunde, met eigen beroepen, opleidingen en verenigingen. Het aantal technische en wetenschappelijke tijdschriften nam exponentieel toe. Nieuwe vormen van kennisoverdracht, bijvoorbeeld tentoonstellingen, werden uitprobeerde. Deze ontwikkelingen waren nauw met de eerste industriële revolutie verbonden. Het laboratorium vormde ook een van de basisingrediënten ervan.

De commissie-Went rapporteerde over diverse typen laboratoria, die in feite dus een erfenis van de negentiende eeuw waren. De universitaire laboratoria vormden zo'n categorie. Daar werden de zuivere wetenschappen beoefend door onderzoekers die 'zich ongestoord kunnen verdiepen in de ingewikkelde problemen en zich onbekommerd kunnen laten leiden door den aard van hetgeen zij, al tastende en speurende, van de verborgenheden der natuur aan het licht brengen'. Een andere belangrijke categorie was het test-, keurings- of controlelaboratorium. 'Het is een gelukkig verschijnsel, dat hier te lande wetenschappelijke keuring en controle op velerlei gebied wordt op prijs gesteld', aldus de commissie, '... en het verdient waardeering, dat ook het Rijk verschillende laboratoria daarvoor bekostigt.' In de landbouw bestond reeds een uitgebreide infrastructuur van proefstations. Deze infrastructuur was na de landbouwcrisis aan het einde van de negentiende eeuw opgebouwd en ze had inmiddels een zekere vermaardheid in beleidskringen gekregen.

Test- en keuringslaboratoria vervulden voor rijk, provincies en gemeenten vooral een functie bij de uitvoering van wettelijke taken: voedsel werd gekeurd in verband met de warenwet; het suikergehalte bepaald in verband met een belastingwet; de samenstelling van de munten in verband met het geldwezen, etc. Verder hadden ziekenhuizen testlaboratoria voor bacteriologisch en klinisch onderzoek. Fabrieken kenden controlelaboratoria voor het controleren van grondstoffen, eindproducten en stappen in het productieproces. Bedrijven konden ook gebruik maken van particuliere laboratoria voor het keuren en testen.

Soms werd een controlelaboratorium in een fabriek ingezet voor het onderzoek naar knelpunten in de productie (*trouble shooting*). Indien het verbeteren van een product of proces of het vinden van een nieuw product hoofdtak werd, dan was er sprake van een industrieel researchlaboratorium. De overgang van controle- naar researchlaboratorium kon dus vloeiend verlopen. Dat kon eveneens gebeuren bij de testlaboratoria van de overheid. Diverse landbouwproefstations hadden steeds meer het karakter van een researchlaboratorium gekregen. Volgens sommigen moesten de testlaboratoria van het rijk voor industrie en handel ook een breder karakter krijgen.

In 1910 wist de Delftse hoogleraar Gerrit van Iterson het ministerie van Landbouw, Nijverheid en Handel te bewegen tot de oprichting van de Rijksrubberdienst. In 1919 namen Van Iterson en zijn collega professor Isaac de Vooijs het initiatief tot de oprichting van de Rijksvezeldienst. De doelstelling van beide laboratoria was uitdrukkelijk om een kwaliteitsimpuls te geven aan handel en industrie. Goede analyses van producten waren daarvoor noodzakelijk, evenals het ontwikkelen van nieuwe en uniforme kwaliteitsnormen. Voorlichting moest een hoge prioriteit krijgen. De oprichting van TNO als brede researchorganisatie was een logische vervolgstap. Van Iterson en De Vooijs waren daarbij nauw betrokken. De Vooijs schreef een nota die tot de vorming van de commissie-Went leidde.¹² Beiden hadden zitting in deze commissie. Van Iterson zou later ook

voorzitter worden van TNO. De Rijksrubberdienst en Rijksvezeldienst behoorden tot de eerste instituten die in TNO zouden worden opgenomen.

Het verschijnsel laboratorium had inmiddels een hoge vlucht genomen. Rond 1940, bijvoorbeeld, telde ons land minstens 500 laboratoria, waarvan ongeveer 160 universi-

Tabel 2.1 Laboratoria in Nederland vòòr en rond 1940

SECTOR	AANTAL
Universitair onderwijs	161
Overheid	85
Semi-overheid	72
Chemische industrie	75
Elektrotechnische industrie	25
Particuliere laboratoria	82
Verenigingen en stichtingen	18
TOTAAL (VOOR ZOVER BEKEND)	518

Bron: J.J. Hutter, 'Nederlandse laboratoria 1860-1940, een kwantitatief overzicht', in: *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 9 (1986) nr. 4, 150-174.

taire en 160 (semi-)overheidslaboratoria, minstens 100 industriële en 80 particuliere laboratoria (zie tabel 2.1).¹³ Daarmee ontstond de behoefte aan enige vorm van coördinatie. De commissie-Went bracht naar voren, '... hoe weinig stelselmatig bij de stichting van zulke laboratoria is te werk gegaan ... [bedoeld worden de rijkslaboratoria - de auteurs] ... Al evenmin is er naar gestreefd, om een band te leggen tussen deze stations en de laboratoria van Universiteiten en Hoogescholen ...' Een belangrijke taak voor TNO zou dan ook de zorg voor de coördinatie in het onderzoek moeten zijn.

Tot slot moeten wij de oprichting van TNO tegen een derde achtergrond plaatsen. De commissie-Went besteedde veel aandacht aan de kennisinfrastructuur in het buitenland. Daarbij valt het op dat met uitzondering van de Verenigde Staten uitsluitend West-Europese landen besproken werden. Enerzijds kan dat samenhangen met een zekere kortzichtigheid, want landen als Rusland en Japan zouden zeker de moeite van een studie waard zijn geweest. Anderzijds is de keuze terecht omdat de wortels van de moderne kennisinfrastructuur in West-Europa liggen. Dit deel van de wereld kende een eeuwenlange traditie in kennisontwikkeling en kennisoverdracht. Sinds de late middeleeuwen had het een voorsprong genomen in boekproductie en geletterdheid van de bevolking ten opzichte van andere regio's, met name China, Japan en het Midden-Oosten.¹⁴ De wetenschappelijke revolutie van de zestiende en zeventiende eeuw speelde zich in West-Europa af. 'Bacon's programma' - voor het eerst geformuleerd door de staatsman, filosoof en wetenschapper Francis Bacon - maakte daar deel van uit. De 'nieuwe wetenschap' zou de mensheid in staat stellen om de natuur te beheersen en om de problemen van armoede en ziekte via de technologie op te lossen.

Deze ambitie voor wetenschap en technologie sloeg in de achttiende eeuw zodanig aan onder ambachtslieden, ondernemers en handelslieden in Groot-Brittannië, dat hedendaagse historici van de 'industriële verlichting' spreken. De praktische problemen uit werkplaatsen en fabrieken werden in wetenschappelijke genootschappen en technische verenigingen besproken. De ene industriële sector presenteerde zijn vernieuwingen aan de andere. Buitenlandse publicaties werden op nieuwigheden

nagetrokken en technische cursussen georganiseerd. Een wetenschappelijke en innovatieve houding maakte zich meester van ondernemers en technici. Er kwam een 'verlichte economie' tot stand, waarin wetenschappelijke en industriële kringen verweven raakten. Dit proces zou een van de belangrijkste impulsen voor de industriële revolutie vormen en zich spoedig ook in andere landen van West-Europa voltrekken, waaronder Nederland.

De commissie-Went deed haar voorstellen dus binnen de context van een gedurende vele eeuwen opgebouwde kenniscultuur. In feite zette zij de kroon op Bacon's programma in Nederland. Bacon had in een van zijn geschriften een schets van een ideale kennisorganisatie gegeven. Hij noemde die het 'Salomons Huis'. De bewoners waren onderzoekers, die wetenschappelijke kennis uit de hele wereld verzamelden en onderzoek in laboratoria verrichtten. Zij waren onder andere bezig - zo beschreef Bacon - met proeven op dieren, het ontwikkelen van medicijnen en het brouwen van drankjes om het leven te verlengen. Experiment, nauwkeurige waarneming en theorievorming vormden de kern van hun werk. De resultaten van het onderzoek werden vervolgens gebruikt in landbouw en industrie. Zij leidden bijvoorbeeld tot de conservering van voedsel in koelruimten, tot communicatie over grote afstand via iets dat op een telefoon leek en tot het fokken van vette kippen die in staat waren grote aantallen eieren te produceren.

Een dergelijke missie en werkwijze was precies wat de oprichters van TNO beoogden. TNO moest de schakel worden tussen wetenschap en industrie. De fundamentele wetenschap vormde de basis voor de technische wetenschap. De technische wetenschap bracht nieuwe technieken voort. Die nieuwe technieken zouden vervolgens in de industrie worden toegepast. Dit ideaalbeeld van Bacon én de Verlichting vond in Nederland zijn sluitstuk in de oprichting van TNO. TNO kan daarmee als dé Nederlandse icoon van het Verlichtingsideaal worden gezien.

EEN MOEIZAME START

Van een initiatief als TNO dat zo fraai de resultante van historische processen was, zou men verwachten dat het een voortvarende start had. De praktijk was echter weerbarstiger. Op 10 mei 1932 installeerde Jan Terpstra, de minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, het bestuur van de Centrale Organisatie TNO. De opbouw van de organisatie in de daaropvolgende tien jaar bleek evenwel een aaneenschakeling van frustraties te zijn.¹⁵

Een deel van de oorzaken hiervan was terug te voeren tot de barre economische omstandigheden. TNO had niet onder een ongunstiger gesternte geboren kunnen worden. De economische depressie van de jaren dertig hield de overheidsuitgaven in een ijzeren greep. Er kwamen nauwelijks middelen beschikbaar om met onderzoek te starten, laboratoria op te richten of een nieuwe organisatie vorm te geven. TNO was daarom ook geen aantrekkelijke partner om bestaande onderzoeksactiviteiten in onder te brengen of gezamenlijk onderzoek op te zetten. Zij had weinig te bieden. Een voorstel om de coördinatie van het materialenonderzoek door TNO te laten uitvoeren en daarvoor f 30.000 (€ 270.000 prijspeil 2010) ter beschikking te stellen, honoreerde de minister van Financiën voor 1937 met een karige subsidie van f 2500 (€ 22.500).¹⁶ Deze zuinigheid hield verband 'met de toestand van 's Lands financiën'.¹⁷ Het was de teleurstellende opbrengst van jaren van voorbereiding en overleg met tientallen personen en organisaties, terwijl alle betrokkenen overtuigd waren van de hoge prioriteit. Overigens zou het jaar daarop de overheid wel een forse subsidie geven en werd vervolgens de Stichting Centraal Instituut voor Materiaalonderzoek opgericht.

Maar er was meer aan de hand. 'In het algemeen', zo staat er in het jaarverslag over 1937 te lezen, 'doen zich tal van moeilijkheden voor wanneer het gaat om in

bestaande vormen van beheer of wijzen van werken verandering te brengen ...¹⁸ Een belangrijke kwestie was hoe de industrie te bewegen tot medefinanciering van het onderzoek.¹⁹ Kon men vertrouwen op vrijwillige bijdragen zoals dat in Amerika gebeurde, bijvoorbeeld in het geval van de Rockefeller Foundation? Gezien de bestuursmentaliteit in handel en industrie leek dat voor Nederland niet voor de hand te liggen. Behoorde een gedwongen heffing op producten tot de mogelijkheden, zoals in Nederlands-Indië bij de lokale landbouwproductie gebeurde voor de bekostiging van proefstations? Dwangmaatregelen waren echter niet populair. Zou een gezamenlijke financiering zoals in Groot-Brittannië plaatsvond - 50% overheid en 50% industrie - de oplossing zijn? De Nederlandse industrie had zich bijvoorbeeld bereid getoond om in het materialenonderzoek te investeren, maar dan moest tevens de overheid over de brug komen.

Hoe dan ook, het was het rijk dat de eerste stappen moest zetten. Maar welke stappen waren dat? De doelstelling van TNO was om het onderzoek van de laboratoria te coördineren en het 'toegepast' onderzoek van het rijk zoveel mogelijk onder haar hoede te nemen. Het was van begin af aan duidelijk dat de universitaire laboratoria niet onder de TNO-vlag zouden gaan vallen. Natuurlijk gold dat ook voor de industriële en particuliere laboratoria. Wel kon er sprake zijn van een onderlinge afstemming van de diverse onderzoeken. De eerste TNO-bestuurders waren dan ook direct in de weer om een netwerk op te bouwen via deelname in commissies en besturen.²⁰ Ook slaagden zij erin bepaalde rijkssubsidies via TNO te laten verlopen, zoals de subsidie voor het Scheepsbouwkundig Proefstation (opgericht in 1929). Veel indruk maakte dat echter allemaal niet. TNO moest, indien ze een prestigieuze organisatie wilde worden, over eigen onderzoeksfaciliteiten beschikken. Uiteindelijk lag daar het knelpunt. Hoewel diverse ministeries de Wet TNO mede hadden ingediend, was er een ongrijpbaar verzet onder ambtenaren en ministers om de relevante (semi)overheidslaboratoria bij TNO onder te brengen.

In de eerste jaarverslagen gaf TNO een schatting van de rijkskosten voor onderzoek. Voor het jaar 1938 trok het rijk circa f 2,3 miljoen uit (€ 20,5 miljoen prijspeil 2010) om een infrastructuur van (semi)overheidslaboratoria, maar zonder de universitaire laboratoria, in stand te houden.²¹ Dat bedrag omvatte subsidies en bijdragen in het exploitatietekort van onderzoekinstellingen. In het overzicht kwamen allerlei soorten laboratoria voor: landbouwproefstations, die een rijksbijdrage van circa € 4.010.000 (prijspeil 2010) vergden; het laboratorium van de belastingdienst met een rijksbijdrage van circa € 350.000, gemeentelijke keuringsdiensten met een subsidie van circa € 2.860.000; het Nationaal Luchtvaartlaboratorium met een subsidie van circa € 900.000; een rijksbijdrage voor de Rijksrubberdienst van circa € 260.000, etc. (zie tabel 2.2).²² Landbouw en visserij kregen de meeste steun (42%), op afstand gevolgd door volksgezondheid (25%) en nijverheid, handel en infrastructuur (18%). (Zie tabel 2.3.)

Niet alle (semi)overheidslaboratoria kwamen in aanmerking voor overdracht naar TNO. Tijdens de parlementaire behandeling van de TNO-wet was reeds afgesproken dat de laboratoria die de wettelijke taken van de ministeries ondersteunden, niet naar TNO zouden verhuizen. Daaronder vielen onder andere de vele landbouwproefstations en de Keuringsdiensten van Waren. Er bleven echter genoeg laboratoria over en daarop had TNO haar oog laten vallen, met name die voor de landbouw, voor de volksgezondheid en die voor de nijverheid. Over de laboratoria voor de landbouw had een parlementslid al opgemerkt dat 'de belangen van de landbouw ... in het bestuur van de centrale organisatie zeer zwak vertegenwoordigd zijn en het te vrezen is, dat de landbouw door de meerderheid van het bestuur van de centrale organisatie met de industriële maat zal worden gemeten'.²³ Het ministerie van Landbouw liet al snel blijken geen zin te

Tabel 2.2: Begrote uitgaven, inkomsten en subsidies voor 1938 betreffende organisaties voor onderzoek, waarbij het rijk betrokken was (in guldens)

ORGANISATIE	UITGAVEN (GULDENS)	INKOMSTEN (GULDENS)	UITGAVEN MINUS INKOMSTEN = RIJKSBIJDRAGE	SUBSIDIES (GULDENS)
NIJVERHEID, HANDEL EN INFRASTRUCTUUR				
1. Stichting Waterbouwkundig Laboratorium				65.700
2. Stichting Ned. Scheepsbouwkundig Proefstation				35.395
3. Organisatie van het materiaalonderzoek				25.000
4. Het Wegenbouwlaboratorium				34.070
5. Rijksbureau onderzoek van handelwaren	27.327	7.500	19.827	
6. Rijksproefstation leer- en schoenindustrie	24.085	6.000	18.085	
7. Rijksvoorlichtingsdienst rubberhandel en nijverheid (Rijksrubberinstituut)	41.042	11.000	30.042	
8. Rijksvoorlichtingsdienst vezelhandel en nijverheid (Rijksvezelinstituut)	43.700	12.000	31.700	
9. Instituut voor brandstoffeneconomie	29.095	1.500	27.595	
10. Rijksproefstation klei- en aardewerkindustrie	32.479	3.300	29.179	
11. Internationaal Instituut voor Koeltechniek				1.000
12. Stichting Nationaal Luchtvaartlaboratorium				102.277
13. Hoofdcmissie Normalisatie Nederland				7.300
LANDBOUW				
14. Landbouwproefstations	580.861	125.165	455.696	
15. Rijksinstituut voor pluimveeteelt	25.515	7.350	18.165	
16. Plantenziektenkundige Dienst	311.566	223.500	88.066	
17. Rijksseruminrichting	249.564	100.000	149.564	
18. Staatsveeartsenijkundig Onderzoeksinstituut	27.621	1.100	26.521	
19. Rijkszuivelstation	34.246	900	33.346	
20. Rijksinstituut biologisch visserijonderzoek	20.754		20.754	
21. Rijksinstituut chemisch, microbiologisch en hydro-grafisch visserijonderzoek	15.215		15.215	
22. Proefboerderijen	72.146		72.146	
23. Subsidie onderzoek proeftuinen, proefvelden, etc.				78.967
24. Diverse subsidies				15.100
VOLKSGEZONDHEID				
25. Rijksinstituut voor de Volksgezondheid	301.542	95.385	206.157	
26. Rijksinstituut voor zuivering van afvalwater	46.046	5.000	41.046	
27. Gemeentelijke Keuringsdiensten van Waren				325.000
28. Rijksinstituut voor Pharmaco-therapeutisch onderzoek	10.706	1.500	9.206	
DIVERSE				
29. Laboratorium van den belastingdienst	40.000		40.000	
30. Standaardisering temperatuurschaal				1.800
31. Geologische Stichting				45.795
32. KNMI	245.976	11.350	234.626	
33. TNO				29.120
TOTAAL	2.179.477	612.550	1.566.936	766.524

Bron: Jaarverslag TNO 1937, 26-30. Opmerking: In de tekst is voor de omrekening van guldens in het jaar 1938 naar euro's in 2010 (voor inflatie gecorrigeerd) een factor 8,80 gebruikt. (Bron: CBS)

hebben om zijn laboratoria en diensten over te dragen. De bestaande structuur voldeed uitstekend. De ambtenaren zagen de voordelen van TNO niet in vergelijking met de bestaande organisatie. Zij vermeden echter elke confrontatie door simpelweg de correspondentie en ontwerpstatuten te negeren. Voor de volksgezondheidssector was een commissie actief en die moest nog met plannen komen. TNO richtte haar focus daarom vooral op de nijverheidssector.

Met weinig succes. In 1937 vroeg Van Iterson, op dat moment voorzitter van TNO, zich geïrriteerd af '... op welke wijze de belangstelling van de ambtenaren van het Departement van Economische Zaken voor de organisatie T.N.O. verhoogd zou kunnen worden'.²⁴ Uiteindelijk zette TNO het ministerie voor het blok en eiste de overdracht van de Rijksvezeldienst, de Rijksrubberdienst, het Rijksproefstation voor de klei- en aarde-

Tabel 2.3: Rijkssubsidies voor (toegepast) onderzoek naar sector in 1938

SECTOR	GULDENS (FL)	PERCENTAGE
Nijverheid, Handel en Infrastructuur	427.170	18
Landbouw en Visserij	973.540	42
Volksgezondheid	581.409	25
Diverse, waaronder KNMI	351.341	15
TOTAAL	2.333.460	100%

Bron: Jaarverslag TNO 1938. Opmerking: In de tekst is voor de omrekening van guldens in het jaar 1938 naar euro's in 2010 (voor inflatie gecorrigeerd) de factor 8,80 gebruikt. (Bron: CBS)

werkindustrie en het Rijksproefstation leer- en schoenindustrie.²⁵ Dat viel niet in goede aarde.²⁶ Op hetzelfde moment was er een interne nota bij Economische Zaken verschenen.²⁷ Volgens de anonieme auteur was de hoofdtaak van TNO het geven van advies en de coördinatie van onderzoek. De nota constateerde echter dat TNO te veel de nadruk op de overdrachtskwesties legde. De organisatie wilde een machtspositie opbouwen en dat was niet de bedoeling. De wet moest worden herzien, opdat TNO haar beheersambitie zou opgeven.²⁸

Het conflict was daarmee glashelder. Hoge ambtenaren op het ministerie hadden geen behoefte aan TNO. Over het functioneren van hun onderzoeksdiensten waren geen klachten en het bedrijfsleven en de overheid zouden met een overdracht niet gediend zijn. Het nauwe contact tussen het ministerie en de onderzoeksdiensten zou verdwijnen en daarmee zou het ministerie de greep op zijn diensten verliezen. Daartegenover stond het standpunt van TNO. Het uitgangspunt van de TNO-wet was dat deskundigen uit wetenschap, techniek en industrie de leiding zouden hebben en niet de ministeries. De overheid, zo was uitdrukkelijk vastgelegd, had een beperkte rol en daaraan wilde het TNO-bestuur vasthouden. Het probleem was echter dat de minister de vrijheid had om onderzoeksdiensten over te dragen. Daarmee was een pat-stelling tussen TNO en het rijk gecreëerd. Zelfs de inschakeling van minister-president H. Colijn kon die niet doorbreken.²⁹

De houding van de ambtenaren was gezien de economische malaise wel te begrijpen. De overheid trachtte het tij te keren en zette onder andere in op wat wij tegenwoordig een industrie- en innovatiebeleid zouden noemen. Zij had behoefte aan instrumentarium om in te kunnen grijpen in het economisch leven. En nu moest Economische Zaken één van zijn instrumenten afgeven aan een organisatie die onder

het ministerie van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen viel én die de totale autonomie tegenover de overheid claimde. Daar had Economische Zaken weinig zin in.³⁰

De kwestie escaleerde toen TNO de publiciteit zocht. Het bestuurslid professor H.R. Kruyt stelde in een lezing dat in de keten van zuivere wetenschap naar praktische toepassing de overheid een 'wezensvreemd element' was.³¹ Van Iterson, de voorzitter van TNO, schreef in het tijdschrift *De Ingenieur* dat onderzoek simpelweg de verantwoordelijkheid van TNO was en dat TNO bepaalde waar het budget aan besteed zou worden.³² In kranten en andere organen verschenen stukken die vooral op de hand van TNO bleken.³³ De Kamerleden uit het TNO-bestuur namen de minister van Economische Zaken in de Tweede Kamer onder vuur. De irritatie onder de ambtenaren nam hierdoor echter alleen maar toe, terwijl de persoonlijke verhoudingen met hen al niet zo optimaal was. 'Zolang men in Den Haag meer waarde hecht aan de mening van ondeskundige ambtenaren dan aan die van wetenschappelijke en economische deskundigen ...', zo schreef Kruyt in *De Groene Amsterdammer*, '... zolang kliekhoogmoed er meer ontzien wordt dan pogingen tot effectieven opbouw, zolang zal hier misère blijven ...'.³⁴ Economische Zaken typeerde deze uitspraak als 'zeer onsympathiek en onaangenaam'.³⁵

De moed zakte Van Iterson intussen in de schoenen. Hij had al niet veel plezier van het voorzitterschap verwacht toen hij in 1935 Went opvolgde.³⁶ In 1937 speelde hij met de gedachte om af te treden. In oktober 1938 voelde hij zich fysiek gedwongen om zijn takenpakket te beperken; hij meldde het dagelijks bestuur '... de veelomvattende en weinig bevrediging gevende functie van het voorzitterschap' te willen neerleggen.³⁷ Het jaar daarop volgde Jan Alingh Prins, voorzitter van de Octrooiraad, Van Iterson op.³⁸ Een artikel in *Het Vaderland* karakteriseerde de installatie van Alingh Prins als 'een droevige plechtigheid'.³⁹

De minister van Economische Zaken zette Alingh Prins voor het blok: óf de ministeriële voorstellen werden geaccepteerd, óf de wet zou worden veranderd. Colijn had eerder in een brief aan de minister laten weten dat een wetswijziging waarschijnlijk geen kans maakte in het parlement.⁴⁰ Het belette de minister echter niet om ermee te dreigen: 'Mijn eindindruk is, dat de Heer Alingh Prins wel de goede richting uit wil.'⁴¹ Alingh Prins kon ook niet veel anders. In juni 1939 bereikten de heren een akkoord over de wijze waarop rijksdiensten zouden worden overgedragen.⁴² Het bestuur van TNO ging met enig tegensputteren overstag.⁴³ De overdracht van de Rijksvezeldienst en de Rijksrubberdienst vond daarop in 1941 plaats. Wat hielden die voorstellen in? Hoe zag de organisatie van TNO er vanaf die tijd uit?

DE ORGANISATIE VAN TNO

TNO kreeg in artikel 1 van de TNO-wet van 1930 een specifieke taak.⁴⁴ Zij diende het 'toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek ... op de doelmatigste wijze dienstbaar ... aan het algemeen belang' te maken. Daartoe stonden haar - volgens artikel 2 - twee wegen open. Allereerst kreeg zij de zorg voor de onderzoekskoördinatie in Nederland. Op de tweede plaats kon zij zelf onderzoek verrichten of onderzoek elders subsidiëren.⁴⁵

Het beginsel voor de organisatie was duidelijk: eenheid in verscheidenheid. Eenheid in de zin dat er samenhang in de grote diversiteit aan laboratoria en toegepast onderzoek moest worden gebracht. Zoals wij hebben gezien, waren er laboratoria voor uiteenlopende maatschappelijke sectoren, bedrijfstakken en technologische domeinen als de koeltechniek, de meteorologie, de leer- en schoenindustrie, de pluimveeteelt, de volksgezondheid en het belastingwezen. Er bestonden verschillen naar type activiteiten (testen, onderzoek en ontwikkeling), regulering (al of niet bij wet) en organisatievorm

(publiek, privaat of gemengd). Het initiatief om in die diversiteit samenhang te brengen, lag bij de Centrale Organisatie van TNO.⁴⁶

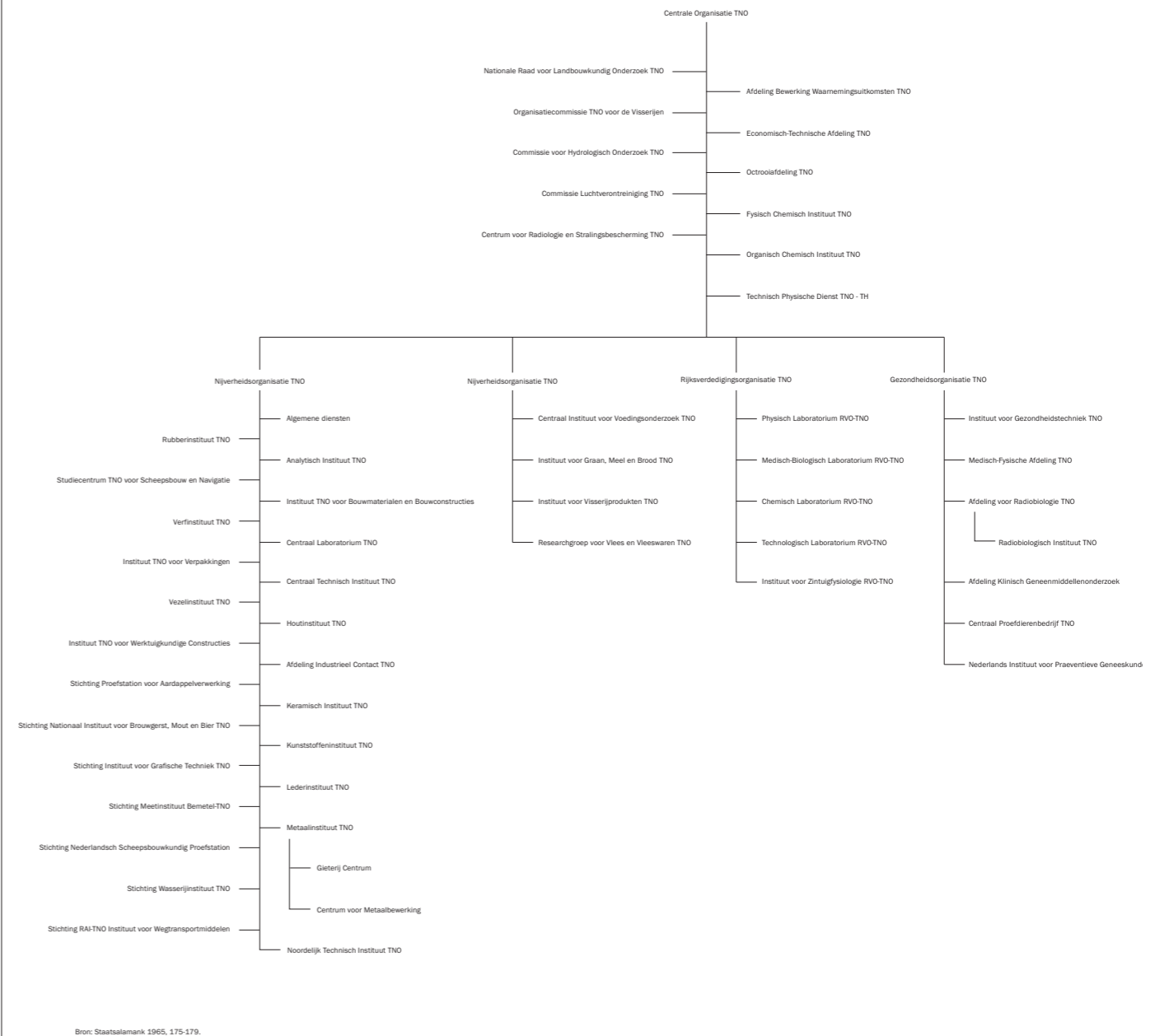
Eenheid was weliswaar noodzakelijk, maar tegelijkertijd moest er recht worden gedaan aan de verscheidenheid. De wet loste dat op door naast de Centrale Organisatie ruimte te creëren voor Bijzondere Organisaties ten behoeve van '...eenig volksbelang of eenigen tak van volkswelvaart ...'. In de praktijk werd daarbij gedacht aan brede sectoren zoals nijverheid, landbouw en gezondheid. De Centrale Organisatie werd geacht zich niet rechtstreeks met de werkzaamheden van de Bijzondere Organisaties te bemoeien. Deze kregen de vrijheid om de coördinatie en het onderzoek af te stemmen op de diversiteit van het werkveld.

Dan was er de kwestie van de overheid. Volgens de opstellers van de wet was de overheid er voor het geld en de stimulans, maar niet voor de sturing. De sturing zou in handen moeten komen van 'personen, die algemeen als wetenschappelijk of maatschappelijk hoogstaand worden erkend'.⁴⁷ Bij 'maatschappelijk' dachten de opstellers aan personen uit de industrie, handel en landbouw en zeker niet aan overheidsambtenaren. Zo kwam het ook in de wet. Het bestuur van de Centrale Organisatie ging uit gewone leden en uit de voorzitters van de Bijzondere Organisaties bestaan.⁴⁸ De helft van de gewone leden werd voorgedragen op aanbeveling van de Afdeling Natuurkunde van de KNAW, de andere helft op aanbeveling van de Economische Raad, waarin werkgeversverenigingen, landbouwbonden, Kamers van Koophandel, etc. vertegenwoordigd waren. Daarnaast kende het bestuur 'gedelegeerde leden'. Zij zaten er namens de ministeries en hadden geen stemrecht. Zij konden alleen verzet aantekenen tegen besluiten, waarna de kwestie aan de betreffende minister voorgelegd moest worden. Deze nam dan een beslissing.

Een zelfde opzet vond men ook bij de Bijzondere Organisaties terug. De eerste was de Nijverheidsorganisatie TNO, opgericht in 1934. In de statuten was wederom sprake van gewone en gedelegeerde leden en wederom hadden de gedelegeerde leden van de ministeries alleen het recht van verzet. Onder de Bijzondere Organisaties konden onderzoeksinstituten ressorteren. Hierover waren in de wet geen regelingen vastgelegd. Die moest TNO zelf bedenken. Het eerste instituut was het Centraal Instituut voor Materiaalonderzoek. Het kreeg de rechtspersoon van een stichting. Het bestuur ging bestaan uit personen die waren voorgedragen door de Bond van Materialenkennis, de KEMA, de Gasstichting en andere organisaties uit het veld. Eén plaats was voor de gedelegeerde van Economische Zaken gereserveerd. Om die plaats ging het.⁴⁹

Zoals wij hebben gezien, had het ministerie van Economische Zaken grote moeite gehad met de beperkte invloed van de overheid. Aan de wet kon het niets veranderen; aan de opzet van de stichtingen wel. Het was alleen bereid zijn onderzoeksinstituten over te dragen, indien die de vorm van een gemengde stichting kregen.⁵⁰ Dat betekende dat het ministerie naast de wetenschap en de industrie een plaats in het bestuur van de onderzoeksinstituten wenste om op die wijze mede sturing te geven aan het onderzoek. De eerste generatie TNO-bestuurders zag daarmee een van haar basisprincipes sneuvelen. Alleen de relatieve buitenstaander Alingh Prins had minder last van de daarmee gepaard gaande emoties en kon een strategische alliantie met Economische Zaken aangaan.⁵¹ Die alliantie hield in dat de overheid een volwaardige plaats in de besturen van de TNO-instituten kreeg, naast het bedrijfsleven en 'academisch Nederland'. Het is een constructie die tegenwoordig met 'triple helix' of 'gouden driehoek' wordt aangeduid. Die alliantie groeide uit tot een succes en hield het meer dan vier decennia vol.

Schema 2.1. Organisatiestructuur TNO in 1965



De verhouding tussen TNO en de overheid was lange tijd nauwelijks een punt van discussie, maar rond 1970 begon de kwestie weer op te spelen en uiteindelijk zou de formele relatie met de overheid grondig veranderen met de TNO-wet van 1985. Op de achtergronden daarvan komen wij in hoofdstuk 4 terug.

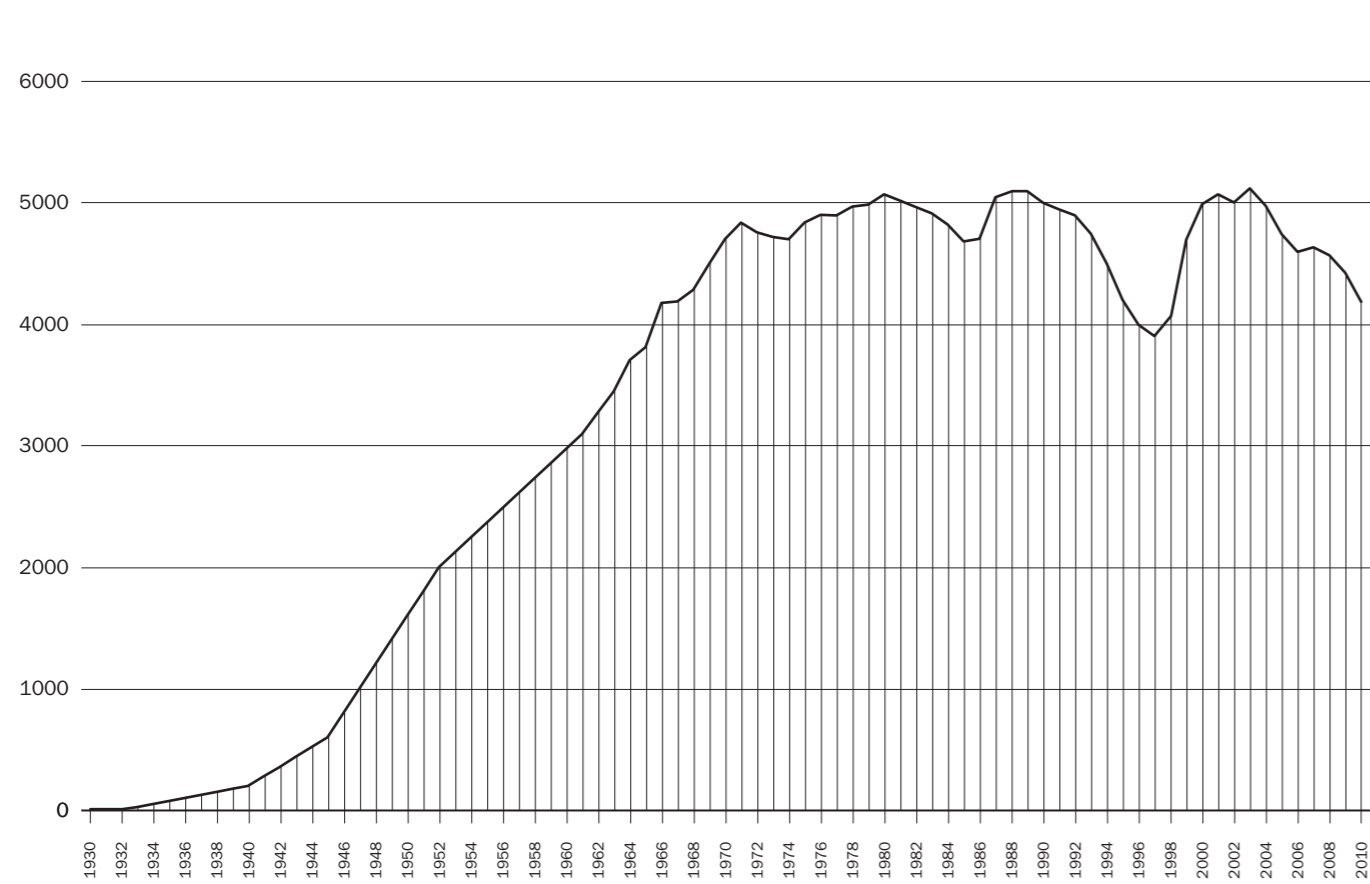
Er was nóg een relatie die door deze wet een geheel ander karakter zou krijgen, namelijk die met de KNAW. De rol van de KNAW bij de oprichting kan opmerkelijk worden genoemd. De academie had de eerste initiatieven genomen en was rijk vertegenwoordigd geweest in de diverse commissies. Went, Van Iterson, Kruyt en andere leden hadden een duidelijk beeld over het toegepast onderzoek. Het primaat lag bij de natuurwetenschap. Zij was de basis voor het toegepast onderzoek en de bron van economische bedrijvigheid en maatschappelijke vooruitgang. Natuurwetenschappers moesten daarom hun stempel op TNO drukken. Vanuit dat gezichtspunt is het begrijpelijk dat TNO bij het ministerie van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen werd ondergebracht, en niet bij Economische Zaken, en dat de Afdeling Natuurkunde van de KNAW zo prominent in de TNO-wet van 1930 aanwezig was. Maar ook het primaat van de natuurwetenschap kwam vanaf de jaren zeventig onder vuur te liggen en ook de verhouding met de KNAW zou ingrijpend veranderen. Hoofdstuk 4 gaat daar uitgebreid op in.

TACHTIG JAAR TNO

In 1941 (negen jaar na de oprichting van TNO!) werden de eerste onderzoeksdiensten overgedragen en kregen zij nieuwe namen, zoals het Vezelinstituut TNO, het Rubberinstituut TNO en het Keramisch Instituut TNO. Ze werden bij de Nijverheidsorganisatie TNO ondergebracht. Deze was in 1934 als Bijzondere Organisatie van start gegaan. In 1940 volgde de tweede Bijzondere Organisatie, namelijk de Voedingsorganisatie TNO. De derde, de Rijksverdedigingsorganisatie TNO, werd in 1946 opgericht en de vierde, de Gezondheidsorganisatie TNO, in 1949. Het werkgebied van TNO verbreedde zich nog verder met de Landbouworganisatie TNO en de Landbouw-Nijverheidsorganisatie TNO, maar die zouden het niet lang volhouden en werden in 1951 weer opgeheven. TNO behield wel een coördinatiefunctie in de landbouw. De Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek werd in 1957 bij TNO ondergebracht.⁵² De ruggengraat van TNO bestond dus uit de Centrale Organisatie TNO en de vier Bijzondere Organisaties.⁵³ Daaronder vielen de onderzoeksinstituten (circa veertig omstreeks 1965) en de andere onderdelen van de organisatie (afdelingen, commissies, et cetera) (zie schema 2.1).

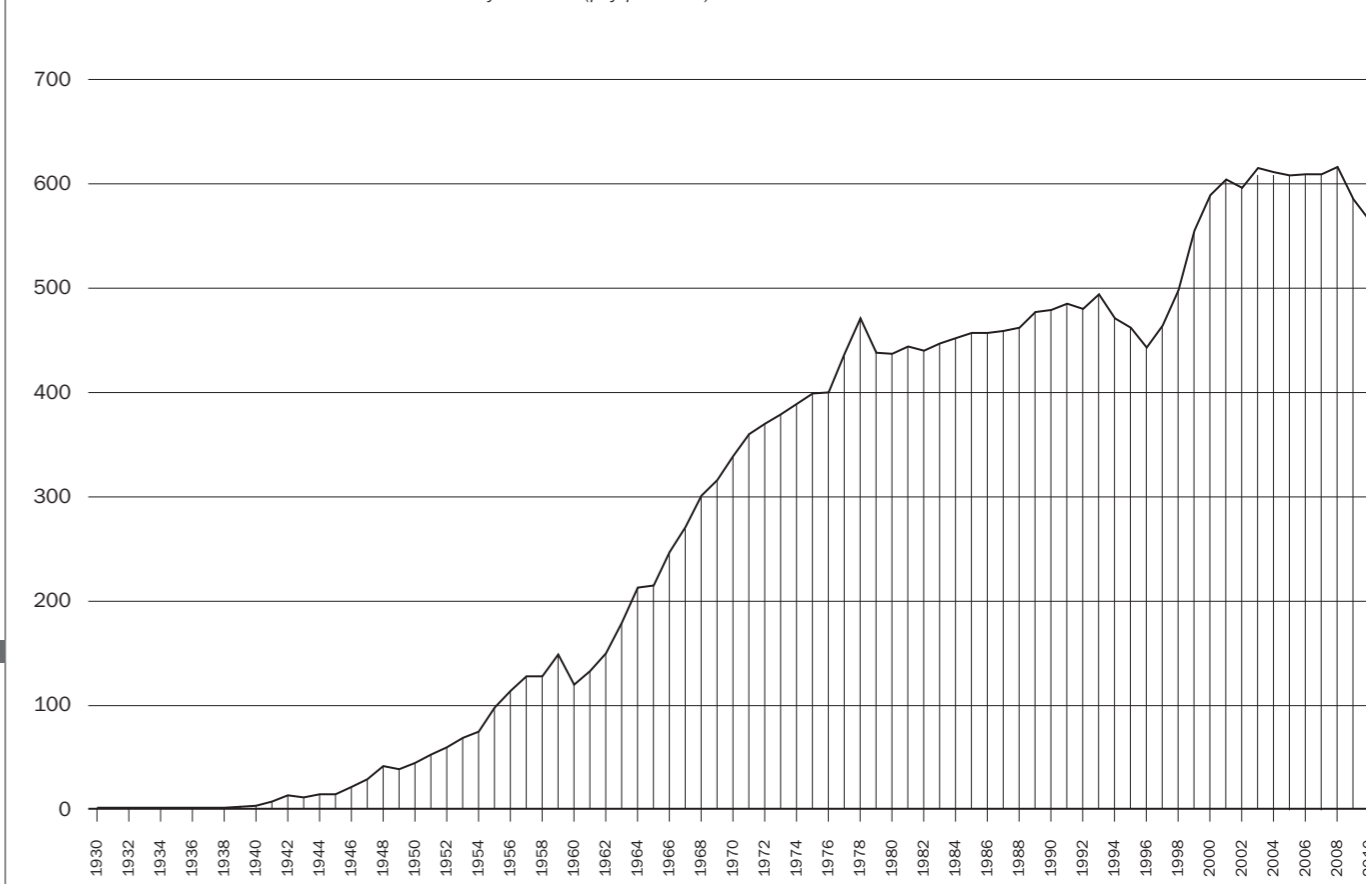
TNO kon in de jaren veertig eindelijk met het eigen onderzoek aan de gang gaan. Dat begon reeds tijdens de Duitse bezetting. Wat in de Eerste Wereldoorlog beoogd was, werd in deze jaren realiteit. Indertijd wilde de KNAW een bijdrage aan de problemen van een oorlogsperiode leveren. Dat initiatief leidde uiteindelijk tot TNO. Tijdens de Tweede Wereldoorlog kon TNO een rol spelen - hoewel bescheiden - in de voedselvoor-

Grafiek 2.1: Het aantal werknemers van TNO van 1932 tot 2010



Bron: Jaarverslagen TNO.

Grafiek 2.2: De omzet van TNO van 1932 tot 2010 in miljoen euro's (prijspeil 2010)



Bron: Jaarverslagen TNO.

zienting, bij de brandstofbesparing en bij de ontwikkeling van surrogaten.⁵⁴ Zo startte zij onderzoek naar vetten en vitaminen om de voedingswaarde van voedingsmiddelen te bepalen. Met de Bond van Wasindustriëlen werd er naar een procedé voor zeeploos wassen gezocht. Zeep was namelijk nauwelijks meer te krijgen. In opdracht van de commissie voor Verwerking van Afvalstoffen onderzocht zij de mogelijkheid om uit garnalendoppen lijmstof te maken voor papier en kunstharsen. Ook andere materialen, zoals oude tubes en mensenhaar, werden op hergebruik onderzocht. Daarnaast bood TNO onderdak aan onderzoekers van andere laboratoria, die door de oorlogssituatie hun baan dreigden te verliezen of mogelijk in aanmerking kwamen voor de *Arbeitseinsatz* en gedwongen konden worden in Duitsland te gaan werken.

In 1946 telde TNO 331 medewerkers. Daarna groeide de organisatie in snel tempo. Omstreeks 1970 telde ze tegen de vijfduizend werknemers en had ze een omzet van circa € 400 miljoen bereikt (prijspeil 2010) (zie grafieken 2.1 en 2.2). Vervolgens trad er een nieuwe fase in. Tot omstreeks 1990 was er sprake van stabiliteit. Daarna zien

De verschillende onderdelen van TNO hebben weliswaar een gemeenschappelijke geschiedenis, maar elk ervan heeft ook zijn eigen geschiedenis.

We beginnen met de Nijverheidsorganisatie TNO. Het industriële onderzoek heeft in belangrijke mate de geschiedenis van TNO bepaald. Dat begon reeds bij de oprichting, zoals wij zagen. Maar ook het vervolg van de TNO-geschiedenis kreeg zijn stempel door de discussies rond het industriële onderzoek. De Nijverheidsorganisatie TNO werd ook als het hart van TNO gezien. Zij was met ongeveer 50% van de omzet de grootste Bijzondere Organisatie (1960, tabel 2.4). Deel I is aan het industriële onderzoek gewijd. Het voedings- en gezondheidsonderzoek is het thema van Deel II en het defensieonderzoek het thema van deel III.

Harry Lintsen en Arjan van Rooij

Tabel 2.4: De omzet van de Centrale Organisatie en de Bijzondere Organisaties van TNO in 1960 in euro's (prijspeil 2010) en procenten

	OMZET IN MILJOENEN EURO'S (PRIJSPEIL 2010)	PERCENTAGE VAN DE TOTALE TNO-OMZET
Centrale organisatie TNO	20,7	18
Nijverheidsorganisatie TNO	60,0	51
Voedingsorganisatie TNO	7,6	6
Gezondheidsorganisatie TNO	12,4	10
Rijksverdedigingsorganisatie TNO	17,9	15
TOTAAL	118,6	100%

Bron: Jaarverslag TNO 1960, 26. Opmerking: De omrekeningsfactor is 2,80 van guldens in het jaar 1960 naar euro's in 2010 (voor inflatie gecorrigeerd). (Bron: CBS)

wij schommelingen in de personeelsomvang en in de omzet. De jaartallen 1970 en 1990 zien we dan ook regelmatig in de inhoudsopgave en de tekst terugkomen. Het is moeilijk om de verschillende perioden te benoemen. Zo lijkt de periode 1970-1990 er een van stabiliteit. Dat is mogelijk het geval voor het voedings- en het defensieonderzoek, maar zeker niet voor het industriële en het gezondheidsonderzoek. Voor die laatste twee was de periode zeer turbulent, zonder dat dat in de cijfers is terug te zien.

DEEL I: TECHNOLOGIE EN ECONOMIE

‘Dat het TNO-speurwerk ... belangrijke resultaten heeft opgeleverd, spreekt vanzelf’, zo schreef de voorzitter van het Verbond van Nederlandse Werkgevers in 1957 bij het vijftienvigjarig bestaan van TNO.¹ Hij ondersteunde zijn stelling met tal van voorbeelden uit de scheepsbouw, de textielindustrie, de bouw, de leerindustrie, de metaal, enz.

TNO verkeerde in die jaren in een luxueuze positie. De organisatie werd niet bedreigd, behoefde niet buitensporig te lobbyen in de politiek en kon op brede steun rekenen. Haar bestaan was ‘vanzelfsprekend’. Die toon klinkt ook door in het jubileumboek van TNO uit 1957. Prominente persoonlijkheden uit verschillende sectoren van het maatschappelijk leven waren unaniem in hun mening: ‘TNO heeft zijn plaats gevonden en overziet ... welke taak het in Nederland nog te vervullen heeft.’²

Een dergelijke positie is geen gegeven. Een jaar of vijftien jaar later werd er stevig commentaar op TNO geleverd door de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid (RAWB). Deze schreef dat de verschillende TNO-organisaties te autonoom waren.³ Het TNO-bestuur had onvoldoende greep op het onderzoek. Ook de verschillende ministeries bemoeiden zich nauwelijks met de organisatie. De overheid stuurde te weinig. Het was onduidelijk hoe TNO aan de oplossing van maatschappelijke vraagstukken, en met name aan industriële innovaties, bijdroeg.

Vanwaar deze omslag in waardering? Was de organisatie slechter gaan functioneren? Waren er verschuivingen in de omgeving gaande, waarop TNO onvoldoende anticipeerde? Lag de oorzaak in de dynamiek op het technische domein, die de organisatie voor nieuwe problemen stelde? In dit hoofdstuk en in de volgende twee hoofdstukken zal die omslag nader worden belicht. Twee vragen moeten daarbij met name worden gesteld. Was het enthousiasme over TNO in de jaren vijftig en zestig terecht? En klopte de kritiek in de latere periodes?

EEN BLOEIPERIODE

Na de Tweede Wereldoorlog kwam de moderne kennisinfrastructuur in Nederland tot volle bloei. Met grote voortvarendheid was de wederopbouw ter hand genomen. Ingenieurs kregen ruim baan om hun plannen voor de woningbouw, de waterstaat en grote infrastructurele projecten (een nieuw Schiphol, Europoort in Rotterdam, de Deltawerken, wegenplannen) uit te voeren. Ook werd er in nieuwe energie-, communicatie- en transportinfrastructuren geïnvesteerd. Een reeks van sleuteltechnieken als luchtvaarttechniek, polymeertechniek en elektronica kon tot ontplooiing komen, evenals de daarmee verwante bedrijfstakken. Olie en later aardgas waren als goedkope energiebronnen beschikbaar. Staatsinterventie in het economisch leven was nu geaccepteerd en ondersteunde deze ontwikkelingen met een nationaal industrialisatiebeleid en een geleide loonpolitiek. De overheidsuitgaven groeiden snel.

En in dit alles speelde fundamenteel onderzoek in de ogen van politici, industriëlen en wetenschappers een essentiële rol. Het was een opvatting die reeds vóór de oorlog ingang had gevonden en door de oorlog aan kracht had gewonnen. Nederland was erg onder de indruk van de wetenschappelijke en technologische voorsprong die Amerika tijdens de oorlog had opgebouwd. Het voorbeeld van de atoombom liet zien hoe fundamentele wetenschappelijke ontwikkelingen in korte tijd konden worden omgezet

in technische toepassingen. De Amerikaanse presidentiële adviseur Vannevar Bush gold als een ware profeet. Deze voorspelde in zijn boek *Science, the endless frontier* dat de wetenschappelijke ontwikkeling tot een onophoudelijke stroom innovaties zou leiden en een ongekende welvaart zou voortbrengen. Fundamenteel onderzoek moest dan wel worden gestimuleerd en plaatsvinden in een omgeving waarin onderzoekers over onbeperkte middelen beschikten, een grote vrijheid genoten en louter hun nieuwsgierigheid volgden.

De Nederlandse regering besloot direct na de oorlog - ondanks de schaarste - fondsen voor onderzoek vrij te maken. Een nieuwe organisatie, de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO, tegenwoordig NWO) werd in 1950 opgericht. Multinationals als Philips, Shell en Unilever investeerden veel in onderzoek en ontwikkeling. In 1956 opende een tweede technische universiteit haar poorten en wel in Eindhoven. In 1961 volgde een derde, in Twente. In het algemeen stegen de investeringen in onderwijs, onderzoek en ontwikkeling van circa 3% van het bruto binnenlands product in 1950 naar meer dan 8% in 1975.⁴

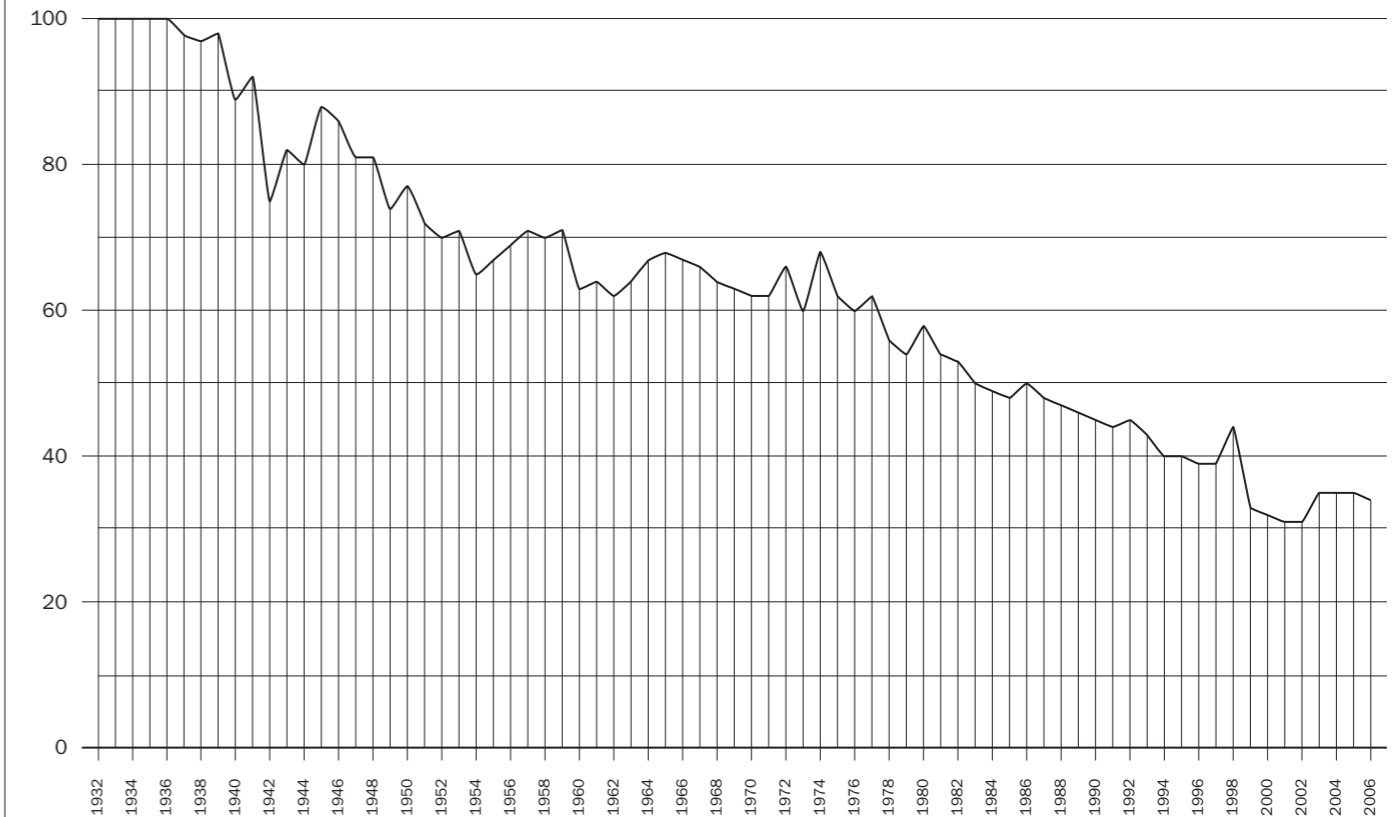
TNO werd in deze turbulentie meegenomen. In 1950 wist het bestuur met de minister van Financiën tot afspraken te komen over een meerjarig plan waarbij de subsidie elk jaar met een miljoen gulden omhoogging. Een soortgelijke regeling sprak men af in 1953. Na 1960 ontstond er wat meer discussie. Zo vroeg het bestuur in dat jaar om een verhoging van 10%, maar de minister maakte daar - tot irritatie van het bestuur - uiteindelijk slechts 6,5% van.

De eerste jaren werd TNO voor 100% door het rijk gefinancierd.⁵ Dat verminderde gestaag tot een niveau van 65 à 70% in de jaren zestig (zie grafiek 3.1). Aanvankelijk speelde de Centrale Organisatie van TNO met de gedachte om het bedrijfsleven te verplichten een bijdrage aan het budget te leveren. Hein Vos, de eerste minister van Handel en Nijverheid na de oorlog, maakte zich sterk voor een krachtig sturende overheid. Het bedrijfsleven was echter tegen zijn 'dirigistische ideeën' gekant. De opvolger van Vos, Gerardus Huysmans, gooide in 1948 het roer om en koos voor het voorwaardenschepend overheidsbeleid. Een verplichte heffing van TNO paste daar niet in.

Nijverheidsorganisatie TNO. Het lot van TNO was in belangrijke mate verbonden met het functioneren van deze organisatie. TNO werd namelijk op de eerste plaats gezien als de onderzoeksorganisatie voor industrie en economie. Deze hoofdpijler van TNO zal in dit deel van het boek centraal staan.

In 1955 kwam circa 38% van de inkomsten van de Nijverheidsorganisatie TNO uit contractresearch (zie tabel 3.1). Verder waren er nog twee belangrijke inkomstenbronnen. Het bedrijfsleven verstreekte naast de opdrachten nog eens voor 8% subsidies aan de Nijverheidsorganisatie TNO, terwijl 47% van de omzet van overheidssubsidies kwam. Wat werd er met deze subsidies gedaan? Zij werden hoofdzakelijk besteed aan wat wij hier 'collectieve research' zullen noemen.⁶ De Nijverheidsorganisatie TNO deed dus twee soorten research: contractresearch en collectieve research. Waaruit bestond dat laatste type research? Waar kwamen de ideeën over de collectieve research vandaan?

Grafiek 3.1: Overheidssubsidie als percentage van totale budget/ omzet



NAAR EEN ORGANISATIE VOOR COLLECTIEVE RESEARCH (1940-1970)

Zowel de initiatiefnemers als de eerste bestuurders van TNO hadden zich laten inspireren door de wijze waarop in Engeland de industriële research was georganiseerd.⁷ In dat land was in 1916 een 'Department of Scientific and Industrial Research' ingesteld alsmede een fonds met een startkapitaal van £ 1 miljoen. Het nieuwe ministerie moest de industrie overtuigen van het nut van onderzoek en haar helpen bij het opzetten ervan. Het belangrijkste instrument naast het beschikbare kapitaal was de zogenaamde 'Research Association'. Deze werd opgericht door ondernemingen, veelal vanuit één bedrijfstak, die gezamenlijk een onderzoeksprogramma opstelden en een bepaald kapitaal voor onderzoek bij elkaar brachten. Vervolgens subsidieerde de overheid met een zelfde bedrag het onderzoek. De onderzoeksresultaten kwamen allereerst de deelnemende bedrijven ten goede, maar het ministerie kon deze onder bepaalde voorwaarden ook publiceren, zodat andere bedrijven konden meeprofiteren.

In de jaren vijftig en zestig kwam een dergelijk beleid ook in Nederland van de grond, deels op initiatief en aansporing van de Nijverheidsorganisatie TNO. Er werden researchverenigingen opgericht, waarin groepen bedrijven geld bijeenbrachten voor het doen van onderzoek. In 1954 besloot de overheid deze researchverenigingen te stimuleren door tot maximaal 50% in de kosten van onderzoek bij te dragen.⁸ Er was dus sprake van wat wij tegenwoordig publiek-private samenwerking zouden noemen.

Vermoedelijk had de overheid daarbij met name het onderzoek voor het midden- en kleinbedrijf op het oog. De eerste industrialisatienota, uit 1949, constateerde dat onderzoek vooral in grote bedrijven werd gedaan. Ook kleinere bedrijven moesten echter van

Tabel 3.1: Inkomsten van de Nijverheidsorganisatie TNO in 1955 naar financieringsbron

	MILJOEN EURO'S	PERCENTAGE
Opdrachten	15,2	38
Bijdragen overheid	21,2	52
Bijdragen bedrijfsleven	3,3	8
Diverse baten	0,8	2
TOTAAL	40,5	100%

Bron: Jaarverslag TNO 1955, 25. Opmerking: De omrekeningsfactor is 3,2 van guldens in het jaar 1955 naar euro's in 2010 (voor inflatie gecorrigeerd). (Bron: CBS)

de noodzaak van onderzoek worden doordrongen. De Nijverheidsorganisatie TNO zou zich dan vooral op deze markt moeten richten. Uit het bedrijfsleven kwamen vergelijkbare geluiden: men zag er TNO als de gewenste katalysator van samenwerkingsverbanden en als onderzoeksorganisatie voor die verbanden.

Onderzoek was kostbaar, waardoor samenwerking vereist was. Het instituut van de researchvereniging had voor het betrokken bedrijfsleven het voordeel dat een zekere schaalgrootte kon worden bereikt, wat de bekostiging van mensen en apparatuur mogelijk maakte.⁹ In veel gevallen wilde dat zeggen dat middelen bij elkaar werden gebracht waarmee TNO onderzoek van enige betekenis kon doen. Dat researchverenigingen belangrijk waren, is wel duidelijk. Onduidelijk is hoeveel er bestonden. De Nijverheidsorganisatie TNO schatte in 1968 dat 'een 74-tal' verenigingen actief was.¹⁰

Het collectieve karakter van het TNO-onderzoek kwam niet alleen tot uitdrukking in de samenwerking met researchverenigingen. Brancheorganisaties en bedrijven waren ruim vertegenwoordigd in de besturen van de TNO-onderzoeksinstituten, in TNO-werkgroepen en TNO-commissies. Zo kwam het Gieterijcentrum in 1951 binnen de Nijverheidsorganisatie TNO tot stand op initiatief van de Nederlandsche Vereniging van Gieterijtechnici, de Algemene Vereniging van Nederlandsche Gieterijen en de Nederlandsche Unie van Metaalgieterijen.¹¹ Het centrum moest onderzoek doen naar de factoren die van invloed waren op de kwaliteit van smelten en gieten, zoals de temperatuur, de wijze van instroming in de gietvorm, de chemische eigenschappen van het vormmateriaal en de snelheid van afkoeling. De Nijverheidsorganisatie TNO ondersteunde het centrum met middelen die uit haar overheidssubsidie afkomstig waren. Verder betaalde ieder deelnemend bedrijf ongeveer 45 eurocent per ton metaal dat werd verwerkt. De ene helft daarvan was voor contractresearch bestemd, de andere helft voor collectieve research. In de contractresearch bepaalde een bedrijf zelf de aard van de opdracht. Voor de collectieve research werd er een werkgroep geformeerd. Daarin zaten vertegenwoordigers uit de drie verenigingen naast onderzoekers van TNO en hoogleraren van de Technische Universiteit Delft (toen nog Hogeschool). Het bestuur van het centrum kende een zelfde soort vertegenwoordiging: vier personen uit iedere vereniging, twee TNO'ers en een hoogleraar. De branche had dus een stevige vinger in de pap.

De Nijverheidsorganisatie TNO stopte na de Tweede Wereldoorlog veel energie in de opbouw van netwerken binnen industrietakken. Dat leidde enerzijds tot collectieve research, researchprojecten die met bedrijven en brancheorganisaties gezamenlijk waren opgezet, en anderzijds contractresearch, onderzoek in opdracht. Beide typen onderzoek werden beoefend in een periode dat Nederland industrialiseerde. Wat was nu de betekenis van het TNO-onderzoek voor de industrialisatie van Nederland?

De industrie was, zeker in de jaren vijftig, het trekpaard van de Nederlandse economie. In 1960, op het hoogtepunt van de industrialisatie, werkte 41% van de beroepsbevolking in deze sector. Zo'n hoog percentage was nog niet eerder in de geschiedenis vertoond. De expansie van de industrie was echter niet gelijkmatig verdeeld. Niet alle bedrijfstakken vertoonden een groei. Er waren sterke en zwakke industriële takken te onderscheiden (zie tabel 3.2). Chemie, elektrotechniek en metaal deden het bijvoorbeeld uitstekend. Daarentegen krompen de textiel-, kleding-, leer- en schoenenindustrie. De industriële structuur verschoof. Arbeidsintensieve bedrijfstakken verdwenen uit Nederland, terwijl kapitaalintensieve takken de economie gingen domineren. Nederland werd ook het land van de grootschalige productie en de grote ondernemingen. Zes multinationale ondernemingen (Philips, Shell, Unilever, Hoogovens, AKZO en DSM) speelden een centrale rol in de economie.

De Nijverheidsorganisatie TNO telde in de jaren vijftig en zestig 20 tot 30 onderzoeksinstituten, soms laboratorium of proefstation geheten (voor 1965 zie schema 2.1). Daarmee was zij in alle industriële takken actief. Sommige instituten richtten zich hoofdzakelijk op één specifieke industriële tak of groep, zoals het Rubberinstituut TNO, het Instituut voor Grafische Techniek TNO en het Wasserij-instituut TNO. Enkele instituten waren meer generiek bezig of deden onderzoek voor de andere instituten, bijvoorbeeld het Analytisch Instituut TNO en het Centraal Laboratorium TNO. Ook op andere plekken binnen de TNO-organisatie waren laboratoria betrokken bij industriële research, onder andere de Technisch Fysische Dienst TNO-TH, die onder de Centrale Organisatie viel, en het Instituut voor Graan, Meel en Brood, dat onderdeel was van de Voedingsorganisatie TNO.

Een drietal instituten zullen wij kort bespreken. Allereerst het Kunststoffeninstituut TNO in relatie tot de kunststoffenindustrie, die wij tegenwoordig een *hightech*-sector zouden noemen, een sector met veel dynamiek en hoogwaardig onderzoek. Vervolgens het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies. Ook deze sector vertoonde veel dynamiek, maar het onderzoek nam er een minder centrale plaats in. Tot slot het Leerinstituut TNO, dat deel uitmaakte van een ambachtelijke en problematische bedrijfstak. Welke rol speelde het instituut in die tak?

KUNSTSTOFFEN EN HET KUNSTSTOFFENINSTITUUT TNO

'Dit nieuwe instituut blijkt in een grote behoefte te voorzien ...', aldus het Jaarverslag van TNO over 1946, '... Van verschillende zijden werden contracten tot onderzoek ontvangen; contracten op langere termijn werden afgesloten ...'¹² Het Kunststoffeninstituut TNO maakte een vliegende start. Vijf jaar later waren er 144 medewerkers in dienst, tien jaar later 200 mensen.

De voorbereidingen voor het instituut waren reeds tijdens de Tweede Wereldoorlog getroffen.¹³ De experts wisten dat zich buiten Nederland een revolutie aan het voltrekken was. Synthetische vezels als nylon (Du Pont), kunststoffen als polyetheen (ICI), polystyreen (Dow), polyvinylchloride ofwel pvc (IG Farben) en synthetische rubber (IG Farben en Amerikaanse bedrijven) werden vlak vóór en direct na de oorlog in Nederland geïntroduceerd.¹⁴ Een nieuwe basistechnologie, de polymeerchemie en -technologie, kondigde zich aan. Kunststoffen zouden de economie en het aanzien van Nederland gaan veranderen. Polymeren werden de mantra onder chemici, voor het grote publiek waren dat de plastics. R. Houwink, lid van het eerste bestuur van het TNO-instituut, noemde de mogelijkheden van plastics 'ongelimiteerd'.¹⁵ In 1950 lag het gemiddelde gebruik in Nederland op één kilogram per persoon, in 1960 op ruim negen en in 1970 op 25 kilo.

Nu had Nederland al vóór de oorlog een bescheiden kunststoffenindustrie, met

Tabel 3.2: Onderdelen van de industrie gerangschikt naar sterke en zwakke bedrijfstakken, 1953-1973 (getallen in procenten)

	GROEI WERK- GELEGENHEID	GROEI PRODUCTIE	KAPITAAL- INTENSITEIT*	RENDEMENT 1954-1968
STERKE BEDRIJFSTAKKEN				
Olieraffinage	5,6	9,9	219	} 21,0
Chemie	2,7	11,5	122	
Elektrotechniek	3,0	10,9	103	35,0
Metallurgie	2,3	9,7	128	21,0
Metaalproductie/ machinebouw	1,3	6,0	87	10,5
ZWAKKE BEDRIJFSTAKKEN				
Textiel	-3,4	2,1	72	5,5
Kleding/schoenen	-2,7	-0,2	50	4,5
NIJVERHEID**	0,4	6,2	100	-

Bron: J.L. van Zanden en R.T. Griffiths, *Economische geschiedenis van Nederland in de 20e eeuw (Utrecht 1989)*, 226-227.

* Gemiddelde nijverheid is 100, betreft de toegevoegde waarde per werknemer in 1953, 1956 en 1968.

** Inclusief delfstoffenwinning.

onder andere Philips, dat bakeliet produceerde, en de Algemene Kunstzijde Unie (AKU, in 1969 gefuseerd tot Akzo, tegenwoordig AkzoNobel), die kunstzijde produceerde. Bakeliet was een kunststof die elektriciteit slecht geleidde en daardoor uitermate geschikt was als isolatiemateriaal. Na de oorlog stapten de Bataafsche Petroleum Maatschappij (BPM, tegenwoordig Shell) en Staatsmijnen (tegenwoordig DSM) als grote multinationals in de kunststoffenproducerende industrie. Daarnaast groeide een kunststoffenverwerkende industrie van 46 bedrijven met bijna 2700 werknemers in 1951 binnen tien jaar tijd tot 230 bedrijven met 7000 werknemers. In hoog tempo werd er in Nederland dus een nieuw chemisch complex opgebouwd. Wat deed TNO in deze hectiek?

TNO sprong direct in het diepe en deed dat met verve. Zij moest zich waarmaken in een omgeving die over grote en vermaarde laboratoria beschikte. De koplopers waren met name Philips, BPM, AKU en Staatsmijnen. De researchlaboratoria van Philips en BPM behoorden tot de oudste in Nederland en ze waren in het eerste bestuur van het Kunststoffeninstituut TNO vertegenwoordigd. AKU had in 1933 naast de fabriekslaboratoria een algemeen researchlaboratorium opgericht en Staatsmijnen bezat sinds 1940 het Centraal Laboratorium. Al die laboratoria investeerden fors in het onderzoek naar kunststoffen. Met het Kunststoffeninstituut TNO als gezichts-bepalende organisatie zou TNO spoedig ook tot de belangrijke spelers op dit kennis-domein behoren.

R. Houwink speelde in de eerste jaren een cruciale rol als bestuurslid en tijdelijk directeur van het Kunststoffeninstituut TNO. Hij ondernam studiereizen naar Engeland en Amerika.¹⁶ Hij was mede-initiatiefnemer en redactielid van het *Journal of Polymer Science*, dat door Elsevier werd uitgegeven en spoedig uitgroeide tot het toonaangevende wetenschappelijk tijdschrift voor het polymerenonderzoek. Houwink schreef handboeken op polymeergebied, onder andere *Elastomers and Plastomers, their chemistry, physics and technology* (1948) en *Fundamentals of synthetic polymer technology in its chemical and physical aspects* (1949).¹⁷ De industriële praktijk kreeg ook zijn aandacht. Hij was direct met een meerdaagse 'Kunststoffencursus' gestart en hij was vermoedelijk betrokken bij de oprichting van het vaktijdschrift *Plastica* in 1948,

waarvan TNO lange tijd de eigenaar was, waarover het Kunststoffeninstituut TNO de redactie voerde en dat voor producenten en verwerkers van kunststoffen het vaktijdschrift bij uitstek werd. Ook was hij de geestelijke vader achter de organisatie van het instituut, met accenten op wetenschap, technologie, voorlichting, documentatie en octrooien. Kortom, met Houwink tilde het Kunststoffeninstituut TNO voortvarend een infrastructuur van de grond die relevant was voor het onderzoek, de industriële praktijk en het publieke gebruik van kunststoffen in Nederland.

Het Kunststoffeninstituut TNO omvatte in 1955 twee afdelingen waarin het onderzoek was ondergebracht: de Technologische Afdeling en de Afdeling Keuringsmethoden en Analyses. Daarnaast had het instituut een Economisch-Technische Afdeling voor documentatie, octrooien en technisch-economische studies. De inkomsten kwamen in dat jaar voor 58% uit contractonderzoek en voor 40% uit bijdragen van de overheid voor collectief onderzoek. Het bedrijfsleven droeg slechts met een magere 2% aan het collectieve onderzoek bij.

Het merendeel van de collectieve onderzoeksprojecten betrof het onderzoek naar keurings- en analysemethoden (zie tabel 3.3). Er moesten slag- en buigproeven ontwikkeld of verbeterd worden en methoden voor bijvoorbeeld de bepaling van de vloeieigenschappen van perspoeders en de brosheid van pvc-buizen. Een andere categorie projecten had betrekking op deelaspecten van procedés, grondstoffen en producten. Zo gaf een serie experimenten inzicht in een aantal variabelen die van invloed waren op de warmteresistentie van thermoharders. Ten slotte was er een categorie projecten die zich op het ontwikkelen van nieuwe producten of procedés richtte. Het instituut ontwikkelde bijvoorbeeld een nieuw procedé voor polymeriseerbare thermoharders, waarop een vijftal octrooien werd aangevraagd. Ook lukte het om nieuwe synthetiseerbare fenolharsen te maken, waarmee snelhardende perspoeders met goede elektrische en mechanische eigenschappen bereid konden worden. Een octrooi-aanvraag was opgesteld.

De contractresearch bestond in 1955 uit 266 opdrachten, waaronder vermoedelijk veel keuringen. Er werden namelijk ongeveer vierduizend analyses uitgevoerd. Verder bracht het instituut circa 4300 adviezen uit. Dat alles kan niets anders betekenen dan dat een groot deel van de kunststoffensector zijn weg vond naar het instituut voor onderzoek, keuring en advisering.

Halverwege de jaren vijftig vond er een hervorkaveling van het kunststoffenonderzoek binnen TNO plaats. Het Kunststoffeninstituut TNO ging zich richten op het verbeteren van de bestaande procedés en producten, de keuringen en de kunststofverwerking.¹⁸ Het Centraal Laboratorium TNO nam het kunststoffenonderzoek voor de lange termijn voor zijn rekening. Daarmee verhuisden coryfeeën als A.J. Staverman en R.F. Schwarzl, die net als Houwink handboeken over kunststoffen schreven, naar dit laboratorium. Dat zou een van de redenen zijn waardoor het Kunststoffeninstituut TNO later in de problemen kwam (zie hoofdstuk 5).¹⁹

Ook op andere plaatsen binnen TNO vond nog onderzoek naar kunststoffen plaats. Het Centrum van Brandveiligheid onderzocht de brandbaarheid van kunststoffen. Het Vezelinstituut TNO deed onder andere onderzoek naar het combineren van rayonvezels met kunststoffen.²⁰ Het Rubberinstituut TNO werkte aan kunststrubbers.²¹

De kunststoffenindustrie was niet tot ontwikkeling gekomen zonder systematisch onderzoek. Buitenlandse laboratoria hadden de basis gelegd voor de polymeerchemie en -technologie. Nederlandse laboratoria volgden in dat spoor. Wat volgde, was een

Tabel 3.3: Collectieve onderzoeksprojecten van het Kunststoffeninstituut TNO in 1955

TYPE ONDERZOEK	AANTAL PROJECTEN
Ontwikkeling van een nieuw product, proces of productiemiddel	4
Onderzoek naar een of meer aspecten van een product, proces of productiemiddel	5
Ontwikkeling van analyse-, test- en experimentele methoden	9
Keuring van stoffen en producten	
Onderzoek in relatie tot maatschappelijke thema's als milieu, veiligheid en dergelijke	
TOTAAL (VOOR ZOVER BEKEND)	18

Bron: Jaarverslag TNO 1955, 133-137. Drie onderzoeksprojecten uit het jaarverslag zijn niet in de tabel meegenomen, omdat zij aan het Centraal Laboratorium TNO waren overgedragen. De publicatie van analysevoorschriften wordt als afzonderlijk project in het jaarverslag genoemd, maar is in de tabel niet als onderzoeksproject opgenomen.

periode met een onvoorstelbare dynamiek, ook op het economische vlak. TNO had het spoor ook opgepakt, en met succes: ze mocht zich tot de belangrijkste onderzoeksorganisaties op het kennisdomein rekenen. De industrie raadpleegde TNO veelvuldig en de organisatie op haar beurt gaf veel voorlichting. Door de onderlinge verwevenheid kreeg TNO de regie over het collectieve onderzoek. De sector en de overheid leunden enerzijds op het Nederlands Normalisatie-instituut (toen: NNI, nu: NEN) voor de ontwikkeling van normen - essentieel voor deze nieuwe technologie - en anderzijds op TNO voor haar expertise op het gebied van onderzoek, analysetechnieken en keuringsmethoden. Ook de academische wereld erkende de positie van TNO en honoreerde de afronding van diverse TNO-onderzoeken met een proefschrift. Staverman werd deeltijd-hoogleraar aan de Universiteit van Leiden en Schwarzl in Erlangen.

Nu was er niet voor alle praktijken in de kunststoffentechnologie onderzoek vereist. Met name in de kunststofverwerkende industrie kwam men heel wat ondernemers tegen die in een schuurtje met de productie waren begonnen. Weliswaar maakten zij gebruik van *hightech* kunststoffen en *hightech* machines, maar er was geen laboratorium nodig om met de productie te kunnen beginnen. Al doende kreeg de ondernemer het produceren onder de knie.

Een bedrijfstak waar de praktijkervaring een dominante rol speelde, was die van de Bouw. Ook die sector kende na de oorlog een sterke dynamiek. Hoe werd de inbreng van de onderzoeksorganisatie TNO daar gewaardeerd?

DE BOUW EN HET INSTITUUT TNO VOOR BOUWMATERIALEN EN BOUWCONSTRUCTIES

'De regering wil door een samenstel van maatregelen de productiviteit en de totale productie van de bouwnijverheid opvoeren ... Alles zal in het werk worden gesteld, boven het in het bouwprogramma vermelde totaal van 90.000 woningen uit te komen.'²² Deze zinsnede uit de Troonrede van 1963 is typerend voor de lange periode van woningnood na de Tweede Wereldoorlog. Nederland stond voor een bouwinspanning van ongekeerde omvang.²³ Het woningtekort aan het einde van de oorlog was 190.000

woningen. Daarin was de oorlogsschade aan de woningvoorraad nog niet meegeteld en ook niet het tekort dat Nederland te wachten stond door de bevolkingsgroei. Wettelijke maatregelen gaven gemeenten de bevoegdheid om overtollige woonruimte te vorderen en woonruimten toe te wijzen aan de meest urgente gevallen. Ook het bewoonbaar maken van zolders en het samenbrengen van meerdere huishoudens in één woning behoorden tot de oplossingen. Dat waren natuurlijk lapmiddelen vergeleken met de planmatige aanpak die het rijk voor ogen stond. Ordening, efficiency, wetenschap en technologie waren daarbij de slagwoorden.²⁴ Die aanpak sloot overigens aan op ontwikkelingen die zich reeds vóór en tijdens de oorlog hadden ingezet.

Het Bouwcentrum te Rotterdam (opgericht in 1947) ging functioneren als een spin in het web van samenwerkingsverbanden. Het gaf vorm aan de vele gecoördineerde activiteiten tussen de overheid, de bouwnijverheid, bouwmaterialenproducenten, handel, vakbonden, TNO, universiteiten, architecten- en ingenieursbureaus. Het centralistische beleid had als inzet hoge productieaantallen, een korte productietijd en zo laag mogelijke productiekosten. Dat moest met een ver doorgevoerde normalisatie c.q. standaardisatie worden gerealiseerd. Standaardplattengronden, uniformering van bouwvoorschriften, standaards voor trappen, ramen, sanitaire installaties, meterkasten en dergelijke moesten grootschalige productie in de bouw mogelijk maken. Nieuwe bouwmethoden, het gebruik van kunststoffen, mechanisering van de productie en verbetering van materialen waren andere strategieën. 'Normaalwoningen' werden zoveel mogelijk fabrieksmatig vervaardigd en dienden als kleine woningwetwoningen.

Het werk in de bouw en bouwnijverheid veranderde ingrijpend.²⁵ De activiteiten op de bouwplaats verplaatsten zich voor een deel naar de fabriek. Zo was aan het begin van de eeuw nog sprake van een 'deurenmaker', in de jaren vijftig ging het om een 'deurenafhanger'. De deuren werden in timmerfabrieken gemaakt die een sterke arbeidsdeling kenden, zoals blijkt uit de elf categorieën fabriekstimmerlieden die werden onderscheiden. De systeembouw, waarbij huissegmenten of complete huizen als bouwpakketten werden aangeleverd en op de bouwplaats in elkaar gezet, zagen sommigen als de ultieme vorm van rationalisatie. Tot een doorbraak kwam het echter niet: in 1967 maakte systeembouw slechts ongeveer 20% van de totale woningproductie uit.

Er was ook weerstand tegen de standaardisering en de industrialisatie van het bouwen, onder andere van vrouwenorganisaties en de architectenorganisatie BNA. Kwantiteit ging ten koste van de kwaliteit. Het bouwprogramma leidde volgens hen vooral tot eentonige blokkendozen en weinig comfort, evenals een slechte geluids- en warmte-isolatie, klimaatbeheersing en duurzaamheid. De kritiek smoorde echter in de drang om de woningnood te lenigen.

Wat was de betekenis van TNO in deze veranderingen? De Nijverheidsorganisatie TNO had al vóór de oorlog bemoeienissen met de bouw.²⁶ Verschillende activiteiten binnen de organisatie werden uiteindelijk in 1954 ondergebracht in het nieuwe Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies. Het instituut beschikte via researchverenigingen en commissies over een uitgebreid netwerk. Belangrijk waren de Commissie Uitvoering Research (toen: CUR, nu: CUR Bouw&Infra)²⁷ en de Stichting Bouwresearch, maar ook bijvoorbeeld de Commissie Research Staalconstructies (nu: Bouwen met Staal), de Stichting Ratiobouw en de Vereniging van Systeembouwers.

Een van de eerste TNO-projecten had betrekking op de kwaliteit van wonen. Het initiatief was afkomstig van twee architectengroepen, 'De Acht' en 'Opbouw'. Zij hadden zich in 1939 tot de Nijverheidsorganisatie TNO gewend, samen met de Warmte-stichting en de Geluid-stichting, om een aantal proefwoningen te laten bouwen waar met onder andere warmte- en geluidsisolatie kon worden geëxperimen-

teerd. Een commissie Proefwoningen met vertegenwoordigers van de verschillende partijen zag het licht: zij presenteerde in 1943 een plan voor de bouw van 16 experimentele woningen.²⁸ Uiteindelijk zouden er na de oorlog 48 proefwoningen in Rotterdam worden gerealiseerd. Hoewel de huizen er aan de voorzijde 'normaal' uitzagen, waren de muren van elk perceel, en zelfs elke etage, verschillend geconstrueerd. Een deel van het blok woningen had een betonnen skelet, een ander deel een stalen. De vloeren, muren, ramen en daken hadden verschillende constructies en waren van verschillende materialen gemaakt. Er waren maar liefst 15 verschillende soorten raamconstructies toegepast. Ook voor verwarming en ventilatie werden verschillende technieken toegepast.

Bij de opening van de woningen noemde TNO-voorzitter H.G. Kruijt de proefwoningen een 'troetelkind' van TNO. Het was 'een grootscheeps experiment, waaruit de waarde van al onze laboratoria en van onze hele Organisatie nu eens kan blijken'. Met de woningen, waarbij verschillende TNO-onderdelen samen met de bouwwereld, diverse overheden en maatschappelijke organisaties hadden samengewerkt, werd 'een ernstige poging [gedaan], op het gebied van de woningbouw te breken met de *trial and error*-methode en door systematisch gesteld onderzoek tot conclusies te komen'. De minister van Wederopbouw en Volkshuisvesting, die bij de opening *acte de présence* gaf, benadrukte het belang daarvan, gezien de enorme opgave waar de bouwwereld na de oorlog voor stond: 'Het is niet gemakkelijk, in de bouwwereld, die sterk door tradities is bepaald, nieuwe denkbeelden te doen doordringen. In het algemeen bestaat voor nieuwe methoden in de bouwwereld nog weinig belangstelling.' Toch waren juist innovaties in de bouw noodzakelijk om de enorme bouwopgave te kunnen realiseren, aldus de minister. 'Wij moeten zoeken naar nieuwe bouwmethoden.'²⁹ Daarom had men ook graag met TNO in deze proefwoningen geïnvesteerd.³⁰

Tabel 3.4 geeft een indeling van de collectieve onderzoeksprojecten uit 1965. De meeste projecten van het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies (in 1965) betroffen onderzoek naar eigenschappen van bouwmaterialen, het gedrag van bouwwerken en de sterkteberekeningen van bouwkundige constructies. Deze leverden zowel bijdragen aan de kwantitatieve kant van de woningbouw (productiesnelheid, productiekosten en arbeidsproductiviteit) als aan de kwalitatieve (vochtbezwaren, vorstschade, warmteweerstand en dergelijke). Zo werden de oorzaken van natte daken of van scheurvorming in de woningbouw onderzocht. In een ander project werden bezwijkanalyses van gewapend beton gemaakt. In één project werkte het instituut aan een nieuw apparaat om de productiviteit te verhogen. Het ging om een apparaat voor het mechanisch verwerken van metselstenen, dat samen met de Technische Hogeschool Delft ontwikkeld werd.

Een andere belangrijke categorie onderzoekingen was de vernieuwing of verbetering van analyse-, keurings- of experimentele methoden. Deels leidden deze projecten tot een herziening van normen, zoals een literatuurstudie over windbelastingen op hoge gebouwen ten aanzien van de 'Technische Grondslagen en Bouwvoorschriften'. Deels gingen de projecten over de ontwikkeling van nieuw instrumentarium of nieuwe reken-methodieken met gebruikmaking van elektronische rekenmachines.

De contractresearch maakte aan het begin van de jaren zestig ongeveer 50% van de totale omzet uit. In de jaarverslagen werden daarover globale mededelingen gedaan. Verschillende opdrachten (in 1965) betroffen verbindingen tussen geprefabriceerde onderdelen. Verder lieten fabrikanten regelmatig hun producten testen, deels in verband met nieuwe keuringseisen, deels in verband met productiecontrole en kwaliteitsverbetering. Andere opdrachten gingen over brandveiligheid, aantasting van

beton in agressieve milieus en het gebruik van buitenlandse grondstoffen.

Het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies telde in 1965 126 medewerkers, onder wie 19 academici.³¹ Behalve in de woningbouw was men ook actief

Tabel 3.4: Collectieve onderzoeksprojecten van het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies in 1965

TYPE ONDERZOEK	AANTAL PROJECTEN
Ontwikkeling van een nieuw product, proces of productiemiddel	1
Onderzoek naar een of meer aspecten van een product, proces of productiemiddel	11
Ontwikkeling van analyse-, test- en experimentele methoden	8
Keuring van stoffen en producten	
Onderzoek in relatie tot maatschappelijke thema's als milieu, veiligheid en dergelijke	
TOTAAL (VOOR ZOVER BEKEND)	20

Bron: Jaarverslag Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies 1965.

in de utiliteitsbouw en de weg- en waterbouw. Zo werd er onder meer theoretisch en experimenteel onderzoek naar bruggen in voorgespannen beton verricht. Opmerkelijk is het grote aantal andere TNO-instituten die onderzoek voor de bouw deden (zie tabel 3.5). Wij zagen reeds de bemoeienissen van de Gezondheidsorganisatie TNO met de woningkwaliteit. Een instituut als de Technisch Fysische Dienst TNO-TH deed regelmatig onderzoek naar geluidsisolatie in de woningbouw. Het Centrum voor Brandveiligheid TNO onderzocht het gedrag van constructies en materialen bij brand. Het Laboratorium voor Grondmechanica TNO bestudeerde in 1947 of de Nederlandse bodem zich leende voor de bouw van wolkenkrabbers. Dat stond nog los van de vraag of die uit sociaal oogpunt wenselijk waren. Sommige architecten vreesden namelijk, dat '... het samenbrengen van tientallen gezinnen in eenzelfde gebouw, met een trappenhuis en een liftenstelsel vermenging der gezinnen ten gevolge heeft, die fatale gevolgen moet hebben voor het gezinsleven'.³²

Sommige projecten vereisten de samenwerking van verschillende TNO-instituten. Zo kreeg TNO bij de bouw van de Haringvlietsluizen de opdracht om een model van de 'Nabla ligger' te vervaardigen en te beproeven. Deze complexe ligger, waaraan de zware schuiven van de sluisen waren opgehangen, was een gewaagde constructie van voorgespannen beton en vormde het hart van het bouwwerk. 'Om dit onderzoek zo snel mogelijk te doen plaatsvinden werd ... de hulp van verschillende andere instituten ingeroepen ...'³³

TNO was voor de bouwsector de belangrijkste publieke onderzoeksorganisatie. Er bestonden weliswaar in de bouw tal van kennisinstellingen (onderzoeksinstituten, documentatie- en opleidingscentra, advies- en ingenieursbureaus), maar die beschikten niet of nauwelijks over laboratoriumfaciliteiten. Grote aannemingsbedrijven hadden die mogelijkheid in beperkte mate en dan nog alleen voor eigen gebruik. In zekere mate kon men terecht bij een organisatie als de Technische Hogeschool Delft. Voor het laboratoriumonderzoek was men vooral op TNO aangewezen. De organisatie bestreek een breed terrein aan expertises en werkte aan een gevarieerd onderzoeksprogramma. Haar onderzoek leverde een rijkdom aan informatie op voor een breed scala van

organisaties, leidde tot adviezen waarmee anderen aan de slag konden gaan en leverde nieuwe inzichten, instrumenten en onderzoeksmethodieken op. TNO had niet de regie over de collectieve research in de bouw; deze lag vooral bij de Stichting Bouwresearch en de Commissie Uitvoering Research (CUR).

Vanaf het begin werkte het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies nauw samen met de Technische Hogeschool Delft. Hoogleraren

Tabel 3.5: Aan de bouw gerelateerd onderzoek bij TNO, circa 1965

TNO INSTITUUT/DIENST/CENTRUM	TYPE ONDERZOEK
Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies	eigenschappen van bouwmaterialen gedrag van bouwkundige constructies sterkteberekening van bouwconstructies
Centrum voor Brandveiligheid TNO	gedrag van constructies en materialen bij brand
Sectie Warmte- en Vochttransport van het Centraal Technisch Instituut TNO	klimaatinvloeden op wanden en daken
Houtinstituut TNO	eigenschappen van hout als bouw materiaal
Kunststoffeninstituut TNO	eigenschappen van kunststoffen als bouw materiaal
Metaalinstituut TNO	eigenschappen van metaal als bouw materiaal
Verfinstituut TNO	eigenschappen van verf
Keramisch instituut TNO	vervaardiging van bakstenen
Technisch Fysische Dienst TNO-TH Delft	geluidsproblemen klimaatbeheersing
Instituut voor Gezondheidstechniek TNO	invloed van woonomstandigheden (m.n. klimaat en geluid) op de mens
Instituut voor Werktuigkundige Constructies TNO	regeltechniek en automatisering bij geïndustrialiseerd bouwen

Bron: 'Spurwerk op het gebied van bouwen', in: TNO-Nieuws 20 (1965), 740.

werden bij het onderzoek betrokken en TNO-medewerkers gaven onderwijs, vaak als buitengewoon hoog-leraar. Veel studenten verrichtten hun afstudeerwerk bij het instituut en traden later bij TNO in dienst.

Het instituut streefde ook een internationaal profiel na en werkte onder meer samen met het Comité Européen du Béton.³⁴ Vanaf het begin was het betrokken bij de programma's van de Europese Gemeenschap voor Kolen en Staal, die later overgingen in de Europese Kaderprogramma's.

De inzet van TNO was het bouwproces te verwetenschappelijkken en daarmee een bijdrage te leveren aan de bouwopgave waarvoor Nederland stond. In het overheidsbeleid ging het vooral om bouwvolumes, snelheid en kosten. TNO vatte die opgave echter ruimer op en legde in haar onderzoeksprogramma's een stevig accent op de bouwkwaliteit. Dat zou haar na 1970 nog goed te pas komen.

De bouw was tijdens de wederopbouw en industrialisatie een dynamische bedrijfstak met een belangrijke rol voor TNO. Hoe lag dat bij problematische bedrijfstakken?

LEER, SCHOENEN EN HET LEERINSTITUUT TNO

De leer- en schoenenindustrie behoorde na de Tweede Wereldoorlog tot de kwijnende

bedrijfstakken (zie tabel 3.2).³⁵ De werkgelegenheid nam in de jaren zestig af en de rendementen waren bedroevend in vergelijking met andere bedrijfstakken. Een groot deel van de productie verplaatste zich naar andere landen. Wat was de betekenis van TNO voor een dergelijke sector?

Het TNO-onderzoek voor deze bedrijfstak was in het Leerinstituut TNO in Waalwijk ondergebracht, het centrum van de Langstraat, met een belangrijke concentratie van schoenen- en leerproductie.³⁶ Het was met 32 medewerkers (in 1960) een - voor TNO-begrippen - klein instituut. De acht academici van het Leerinstituut moesten een bijzondere verschijning binnen de branche zijn geweest, omdat er nauwelijks universitair geschoolden in de fabrieken rondliepen. Vermoedelijk hadden de acht weinig praktische ervaring met de fabricage van leer en schoenen. Dat werd echter gecompenseerd door een drietal specialisten op de loonlijst: één voor de leerbereiding, één voor de machinale schoenenfabricage en één voor de handschoenmakerij.

De leerindustrie had een eigen researchvereniging en daarmee bestonden intensieve contacten. De contacten met de schoenenindustrie verliepen moeizamer. Weliswaar had die tak ook een researchvereniging, 'doch de belangstelling voor het vrije spurwerk is in de industrie nog niet zo algemeen en intensief als bij de lederindustrie'.³⁷ Pogingen om daarin verbetering te brengen mislukten. Het ministerie van Economische Zaken gaf nog in de jaren zestig drie jaar steun voor onderzoek en een voorlichtingscampagne. Over het effect van de campagne had men zo zijn twijfels: 'De hoop bestaat nog steeds dat de schoenindustrie het belang dat men aan dit werk hecht ook in de vorm van hogere financiële bijdragen tot uiting zal brengen'.³⁸

Gezien de omvang van het instituut, was het aantal onderzoeksprojecten beperkt, in 1960 ging het om een tiental (zie tabel 3.6). Het merendeel had betrekking op deelaspecten van de fabricage van schoenen en leer. Er werd bijvoorbeeld onderzoek gedaan naar de sterkte van stikverbindingen bij schoenen met verschillende soorten garens (zijde, linnen, nylon etc.). Voor de leerindustrie werd er onderzoek verricht naar de juiste omstandigheden waarbij de verschillende leersoorten moesten worden gedroogd. Een andere categorie projecten had betrekking op de ontwikkeling van analysemethoden, zoals een verbeterd instrument voor de bepaling van de waterdichtheid van overleer (penetrometer) en van zoolleer (permeometer).

Een bijzonder project uit de jaren zestig betrof de veelvoorkomende voetklachten die met het dragen van verkeerd schoeisel te maken hadden. Het probleem was door de Gezondheidsorganisatie TNO aangekaart. Het Leerinstituut TNO kreeg de opdracht om een classificatie te ontwikkelen van de in Nederland voorkomende voettypen en een bij elk van die voettypen aangepaste leest. Dat bleek niet gemakkelijk. De omtrekroningen van de voet leverden weinig kenmerkende vaste punten op, waardoor het moeilijk werd reproduceerbare waarden voor de verschillende maten van de voeten te verkrijgen. Een deel van het onderzoek richtte zich dan ook op methoden en apparaten om tot reproduceerbare metingen te komen.

Wat was het effect van dergelijk onderzoek? De classificatie van voettypen en schoenleesten kon medici ondersteunen in hun praktijk en consumenten in de winkel helpen bij het bepalen van hun schoenkeuzes. Verbeterde analysemethoden maakten verbeterde kwaliteitscontroles en geavanceerdere experimenten mogelijk. Het onderzoek naar de productieaspecten kon tot incrementele veranderingen in de leer- en schoenenfabricage leiden. Het effect van het onderzoek hing echter mede af van wat er in de praktijk met de resultaten werd gedaan. Daarover is niet veel bekend. De publicatie over de stikverbindingen ontlokte verschillende technici uit de schoenenindustrie de opmerking 'dat deze uitgebreide "handleiding" het voor hen veel gemakkelijker heeft gemaakt inzicht in deze materie te krijgen'.³⁹

Het is echter duidelijk dat het Leerinstituut TNO weinig kon doen aan de teruggang van de leer- en schoenenindustrie in de jaren zestig. De oorzaken van de crisis lagen buiten het bereik van het instituut.⁴⁰ De schoenen- en leerindustrie had zich geconcentreerd in delen van Nederland met lage lonen en een ruim arbeidsaanbod. Door de centralisatie van de loonvorming en de geleide loonpolitiek na de oorlog namen de lonen in deze streken naar verhouding meer toe dan in de rest van Nederland. Concurrentiepositie en rentabiliteit werden daardoor aangetast. Het aandeel op de binnenlandse markt van de kleding- en schoenenindustrie daalde van 91% in 1958 naar 55% in 1973.

In theorie was het mogelijk om het tij te keren door een radicale vervanging van arbeid door kapitaal (d.w.z. machines). De machines daarvoor waren echter niet

Tabel 3.6: Collectieve onderzoeksprojecten van het Leerinstituut TNO in 1960

TYPE ONDERZOEK	AANTAL PROJECTEN
Ontwikkeling van een nieuw product, proces of productiemiddel	
Onderzoek naar een of meer aspecten van een product, proces of productiemiddel	6
Ontwikkeling van analyse-, test- en experimentele methoden	3
Keuring van stoffen en producten	
Onderzoek in relatie tot maatschappelijke thema's als milieu, veiligheid en dergelijke	1
TOTAAL (VOOR ZOVER BEKEND)	10

Bron: Jaarverslag Lederinstituut T.N.O. 1960.

beschikbaar en zouden uitgevonden moeten worden. Dat zou mogelijk op de weg van de buitenlandse machine-industrie hebben gelegen, maar zeker niet van TNO. Verplaatsing van de productie naar opkomende industrielanden in Oost-Europa en de derde wereld met goedkope arbeid lag meer voor de hand. Een andere strategie had kunnen zijn dat de schoenenindustrie zich op de duurdere marktsegmenten ging richten in plaats van op de goedkopere. Dat gebeurde wel, maar in die segmenten werd de buitenlandse concurrentie, met name van Italië, ook steeds scherper. TNO kon in die strategie eveneens weinig betekenen, omdat mode en ontwerp bepalende factoren waren en niet toegepast onderzoek. De geringe belangstelling van de schoenenfabrikanten voor het TNO-onderzoek hoeft daarom ook niet vanuit een conservatieve houding verklaard te worden. Voor hun economische problemen en overlevingsstrategieën speelde het onderzoek een ondergeschikte rol.

TNO EN DE INDUSTRIALISATIE

De Nijverheidsorganisatie TNO deed over de volle breedte onderzoek voor de industrie. De inkomsten kwamen voor 38% uit contractresearch en voor 60% uit collectieve research, waarvan 52% overheidssubsidie was en 8% subsidies van het bedrijfsleven (zie tabel 3.7). De bijdragen van het bedrijfsleven verschilden echter sterk van branche tot branche. Het Vezelinstituut TNO werd in 1955 voor 26% door het bedrijfsleven gesubsidieerd, maar het Kunststoffeninstituut TNO voor slechts 2%.

Maatschappelijke partners formuleerden samen met TNO het collectieve onder-

zoeksprogramma. De projecten hadden op twee soorten onderzoek betrekking. Het ene soort ging over de ontwikkeling van keurings- en analysemethoden. Het andere soort betrof onderzoek naar de eigenschappen van materialen, de werking van processen, de aard van producten en constructies, kortom onderzoek dat wij hier als verkennend onderzoek zullen benoemen.

De contractresearch, ofwel het onderzoek in opdracht, was op de wensen van een enkel bedrijf gericht. Het had deels betrekking op het testen van specifieke producten en stoffen in verband met wettelijke normen of interne controles en experimenten. Een andere deel stond in relatie tot innovaties waar het bedrijf mee bezig was. Dat onderzoek wordt wel 'ontwikkeling', 'development' of 'toegepast onderzoek' genoemd. Wij zullen in dit boek vooral de laatste term gebruiken om het te onderscheiden van het verkennend onderzoek. Essentieel voor het toegepast onderzoek is dat het op de specifieke wensen en de specifieke situatie van de klant gericht is, terwijl het verkennend onderzoek meer generiek is. In hoofdstuk 20 gaan wij hier dieper op in.

Met het onderzoek leverde TNO een omvangrijke hoeveelheid gegevens en kennis voor individuele bedrijven, bedrijfstakken, overheden en consumenten. Deze informatie was een wezenlijk onderdeel van het industrialisatieproces. Ze vervulde niet alleen een functie voor innoverende bedrijven, maar ook twee belangrijke functies voor de publieke zaak: een goede marktwerking en het beheersen van de neveneffecten. Keuringen, normen en standaards vervulden een publiek belang. Bedrijven kregen zekerheid over de producten van toeleveranciers en wisten aan welke eisen hun producten moesten voldoen als zij op de markt werden gebracht. Bovendien maakte

Tabel 3.7: Omzet van verschillende instituten van de Nijverheidsorganisatie TNO in 1955

TNO INSTITUUT/DIENST/ CENTRUM (OMZET IN GULDENS)	OPDRACHTEN %	BIJDRAGEN OVERHEID %	BIJDRAGEN BEDRIJFSLEVEN EN OVERIGE BIJDRAGEN %
Nijverheidsorganisatie TNO Algemeen* (fl 12.640.000)	38	52	8
Centraal Laboratorium TNO (fl 1.520.000)	20	74	6
Vezelinstituut TNO (fl 1.480.000)	36	38	26
Kunststoffeninstituut TNO (fl 1.240.000)	58	40	2
Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies (fl 680.000)	54	40	6
Metaalinstituut TNO (fl 880.000)	22	64	14
Leerinstituut TNO (fl 240.000)	20	56	24
Wasserij-Instituut TNO (fl 160.000)	62	18	20

* De resterende 2% van de omzet komt van 'diverse baten' zoals rente; zie tabel 3.1.

Bron: Jaarverslag TNO 1955, sankey-diagram.

standaardisering een efficiënte productiewijze mogelijk. Verder mochten consumenten bepaalde verwachtingen koesteren over de producten die zij aanschafden, met name waar het ging om veiligheid en gezondheid. Het publiek kon rekenen op een zekere bescherming tegen de gevaren die de industrialisatie met zich meebracht. TNO vervulde hierbij een sleutelrol. Haar onderzoekers waren in de normcommissies, werkgroepen en beleidscommissies van het Nederlands Normalisatie-instituut ruim vertegenwoordigd.⁴¹ Het TNO-onderzoek en vooral het TNO-keurmerk waren van onschatbare waarde.

Weliswaar dekte TNO nagenoeg de gehele industriële bedrijvigheid, toch was zij niet in iedere sector naar verhouding even zwaar aanwezig. Zij kende een groot aantal kleinere instituten, zoals het Leerinstituut TNO en het RAI-TNO Instituut voor Wegtransportmiddelen (zie tabel 3.8). Opvallend afwezig waren TNO-instituten voor de olieraffinage en de elektrotechniek. Hoewel Shell en Philips ook opdrachten verstrekten aan TNO (onder andere aan de Technisch Physische Dienst TNO-TH), voorzagen de researchlaboratoria van de multinationals grotendeels in de eigen onderzoeksbehoeften. Dat gold in de jaren zestig ook voor AKU en DSM. Het accent bij TNO lag op de kunststoffenindustrie en de textiel, de machine- en scheepsbouw (inclusief de metaal-industrie), en de bouw. Met kunststoffen en metaal was TNO werkzaam in dynamische economische en technologische domeinen, die bovendien economiebrede functies vervulden. De Nijverheidsorganisatie TNO had met andere woorden haar speerpunten, hoewel dat in het officiële beleid als strategie niet terug te vinden is.

Kenmerkend voor TNO was dat zij een belangrijke functie in de coördinatie van het onderzoek in Nederland vervulde. De coördinatie geschiedde *bottom-up*, onder in de organisatie, waar de onderzoeksinstituten en de daarmee verbonden researchverenigingen, onderzoekscentra, werkgroepen en commissies werkzaam waren. De samenstelling van die gezelschappen bestond doorgaans uit een mix van personen van TNO, universiteiten, bedrijfsleven, overheid of andere sectoren. De eventuele spanningen over het onderzoeksbeleid en de onderzoeksprojecten deden zich vooral daar voor.

Spanningen deden zich onder andere voor bij het opstellen van normen. Zo was een van de gevoelige aspecten van kunststoffen de brandbaarheid. De Algemene Vereniging Toepassing Kunststoffen Bouwwezen stelde in de jaren zestig hiervoor een werkgroep in en betrok negen partijen bij dit vraagstuk, waaronder TNO, belanghebbenden uit de kunststoffenindustrie, de Nederlandse Vereniging van Brandweercommandanten en de Hinderwet- en Bouwtoezichtverenigingen. Het Centrum voor Brandveiligheid TNO kreeg de opdracht keuringsmethoden te ontwikkelen en voorlichting te geven. De discussie daarover in de werkgroep lag precair. '... De heer Levinson spreekt twijfels uit over de objectiviteit van het Centrum voor Brandveiligheid TNO bij voorlichting aan brandweercommandanten over het gedrag van kunststoffen bij brand. De heer Beek merkt naar aanleiding hiervan op, dat met name de emotionele benadering door de heer Van Elteren [medewerker van het Centrum – de auteurs] van dit onderwerp deze indruk in de hand heeft gewerkt. Besloten wordt dat deze kwestie met het Centrum voor Brandveiligheid zal worden opgenomen ...'⁴² De levering van kunststof plaatmaterialen voor onderzoekingen bij TNO verliep niet vlot. Het onderzoek van TNO werd toch wel verdacht gevonden.⁴³

Een ander spanningsveld was de verhouding tussen contractresearch en collectieve research. Was er voldoende tijd voor collectieve research? Waar lagen de prioriteiten? In diverse instituten van TNO stond de collectieve research onder druk. Zo ook bij het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies: het bestuur klaagde in de jaren vijftig en zestig regelmatig over het gebrek aan ruimte voor collectieve research

Tabel 3.8: Instituten en andere organisaties van de Nijverheidsorganisatie TNO naar grootte van omzet in 1955

OMZET IN GULDENS	INSTITUUT
Omzet > fl 1.000.000	Centraal Laboratorium TNO; Centraal Technisch Instituut TNO; Vezelinstituut TNO; Kunststoffeninstituut TNO; Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation
fl 500.000 < omzet < fl 1.000.000	Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies; Metaalinstituut TNO; Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies
Omzet < fl 500.000	Analytisch Instituut TNO; Brandveiligheidsinstituut TNO; Houtinstituut TNO; Fundamenteel Metaalonderzoek; Verfinstituut TNO; Keramisch Instituut TNO; Leerinstituut TNO; Rubberinstituut TNO; Proefstation voor Verpakkingen TNO; Centrum voor Lastechniek NVL-TNO; RAI-TNO Instituut voor Wegtransportmiddelen; Meetinstituut Bemetal-TNO; Studiecentrum TNO voor Scheepsbouw en Navigatie; Wasserij-Instituut; Algemene Afdelingen Nijverheidsorganisatie TNO

Bron: Jaarverslag TNO 1955, sankey-diagram.

door de grote hoeveelheid opdrachten. Uiteraard was men verheugd over de omvang van de contractresearch. Het werd gezien als bewijs voor de goede aansluiting van het onderzoeksinstituut met de bouwwereld. Ook het feit dat het instituut veel adviezen moest geven en onderzoekingen moest instellen inzake bouwschadegevallen, was een teken voor een goede marktgerichtheid. Dat succes stond echter soms de omvang van de collectieve research dus in de weg.⁴⁴ Verder verliep de invulling van de collectieve research niet altijd even soepel, omdat die in de meeste gevallen in overleg gebeurde met commissies als de Commissie Uitvoering Research (CUR) en de Commissie Research Staalconstructies (CRS). Hierdoor werd het tempo en de volgorde van de collectieve research, meer dan het bestuur wenste, van buitenaf bepaald. Tevens was het instituut intensief bij verschillende nationale en internationale normalisatiecommissies betrokken en voelde het zich dan ook moreel verplicht aan bepaalde onderzoeksprojecten voorrang te geven.

Tot grote problemen leidden deze spanningen niet. Dat lag anders bij twee andere aspecten van de collectieve research. Allereerst werd rond 1970 de coördinatie van dit type research ter discussie gesteld. Waren de TNO-instituten en hun partners niet te autonoom? Moest de sturing niet centraler gebeuren? Moest de invloed van de rijksoverheid niet groter zijn? Een oude controverse laaide daarmee weer op.

Een tweede discussie ging over de toegevoegde waarde van de collectieve research. Dit type research kreeg een steeds slechter imago. Dit kwam onder andere vanwege het naamgebruik door TNO. De collectieve research stond in de jaarverslagen en andere publicaties bekend als 'vrij speurwerk'. Dat zette buitenstaanders, onbekend met de werkwijze van TNO, op het verkeerde been. 'Vrij speurwerk' werd aan het einde van de jaren zestig door hen geassocieerd met 'vrijheid' in de zin van autonomie voor de TNO-onderzoekers om hun hobby's te doen, en 'speurwerk' in de zin van fundamenteel

en theoretisch onderzoek dat zich weinig op de praktische problemen van de markt richtte. Overigens nam TNO in een latere fase op haar beurt deze beelden weer over om bepaalde reorganisaties te rechtvaardigen. Zo lezen wij in het *Jaarverslag van de Nijverheidsorganisatie TNO over 1979*, dat '... het in uitvoering genomen systeem voor planning op middellange termijn ertoe leidt, dat de richting van het onderzoek- en ontwikkelingswerk steeds sterker door marktoverwegingen wordt bepaald dan door de intuïtie van de onderzoekers zelf'.⁴⁵

In werkelijkheid was het collectieve onderzoek - zoals wij hebben gezien - uitermate praktisch én marktgericht. Het was een vorm van publiek-private samenwerking. De klant was een collectief van bedrijven en andere organisaties, die in samenspraak met de onderzoekers van TNO de lijnen uitzette voor verkennend onderzoek en onderzoek naar keurings- en analysemethoden. Dat onderzoek leidde tot generieke resultaten die voor de branche bestemd waren. Aan kennisoverdracht werd dan ook veel aandacht besteed.

Wel moet er worden opgemerkt dat niet alle onderzoeksinstituten van de Nijverheidsorganisatie TNO volgens het model van de collectieve research werkten. Met name twee instituten vormden een uitzondering: het Centraal Technisch Instituut en het Centraal Technisch Laboratorium. Beide waren voor het langetermijnonderzoek aangewezen en ze werden door de andere instituten van TNO ingeschakeld. Deze instituten kenden een grotere vrijheid. Zo had het Centraal Technisch Instituut een jarenlang programma lopen naar het ontzouten van brak water en zeewater.⁴⁶ Schaarste aan goed drinkwater was het motief. Het instituut werd wereldberoemd op dit onderzoeksgebied, maar het Nederlandse bedrijfsleven was niet geïnteresseerd, met uitzondering van een firma die ontzoutingsinstallaties in haar pakket wilde opnemen. Wel waren er diverse landen, waaronder de Verenigde Staten, Frankrijk en enkele Zuid-Amerikaanse landen, bij het programma betrokken. Bij deze twee instituten was er niet zozeer sprake van fundamenteel onderzoek, maar van vrijheid van onderzoek. Een praktische oriëntatie kon ze niet worden ontzegd. De onderzoekers keken met een brede blik en namen er de tijd voor. Typerend is de opmerking in een jaarverslag over hoe nuttig het was om bij het onderzoek naar een productieproces '...het probleem niet te eng te beschouwen, maar de gehele reeks bewerkingen onder de loupe te nemen'.⁴⁷

Het verkeerde beeld dat in de politiek en het bestuur bestond over het onderzoek bij TNO als ware dat fundamenteel en 'vrij', zou de organisatie nog gaan opbreken. Er kwam namelijk een periode aan waarin de roep om 'maatschappelijke relevantie', 'nut' en 'rendement' luider werd.

Harry Lintsen, met bijdragen van Arjan van Rooij

4. TNO TER DISCUSSIE (1970-1980)

Wederopbouw, industrialisatie en economische groei waren de kenmerken van de twee decennia na de Tweede Wereldoorlog. Aan deze periode van optimisme en voorspoed kwam rond 1970 een einde. Een culturele revolutie bracht jaren van verzet. Een jonge generatie burgers beleed een afkeer van conformisme en economische vooruitgang, van technologie en industrie. Milieuschandalen, het militair-industrieel complex en andere controversen leidden tot massale protesten. Wetenschap was te vrijblijvend óf te veel verbonden met de heersende belangen, in het bijzonder met het 'Kapitaal'. Wetenschap diende 'maatschappelijk relevant' te zijn.

Tegelijkertijd belandde ons land in een economische crisis. De loonkosten waren explosief gestegen en de bedrijfsrendementen liepen terug. Markten raakten verzadigd en de concurrentie verhevigde. Er was sprake van prijsinflatie. De grondstoffen- en energieprijzen stegen op een wijze die niet eerder na de oorlog was vertoond. Het ging snel bergafwaarts met bedrijfstakken als de textiel, leer en schoenen. De industriële productie stagneerde en de werkloosheid nam toe. Dankzij de export van aardgas zagen de betalingsbalans en de overheidsfinanciën er voorlopig nog rooskleurig uit. In de jaren tachtig moest echter ook de overheid ingrijpend bezuinigen en haar beleid ombuigen.

Gedurende deze periode was het tobben met de Nederlandse kennisinfrastructuur. Er was een einde aan het wetenschappelijk paradijs gekomen. De overheidsinvesteringen in onderwijs, onderzoek en ontwikkeling, die in 1975 hun top hadden bereikt met 8,5% van het bruto binnenlands product (bbp), vielen terug naar 6,5% in 1994.

Dramatisch waren de veranderingen in de researchorganisaties van de grote ondernemingen, de iconen van de moderne kennisinfrastructuur. Hun omvang liep soms drastisch terug. Bij Akzo daalde het aantal mensen in de researchlaboratoria met ongeveer 40%, van 1500 in 1970 naar minder dan 900 in 1980. Het Natuurkundig Laboratorium van Philips kromp van circa 2200 naar 2000 tussen 1975 en 1985 (en steeg daarna weer). Fundamenteel onderzoek als missie was uit de mode. Onderzoek moest op de behoeften van de productie en de markt worden afgestemd. Reorganisaties werden alom gepropageerd. De matrixorganisatie werd het toverwoord voor veel laboratoria.⁴⁸

TNO TER DISCUSSIE: DE RAAD VAN ADVIES VOOR HET WETENSCHAPSBELEID

Waar *Science: the endless frontier*, het eerdergenoemde boek van Vannevar Bush, veel van het denken over onderzoek en wetenschap na de Tweede Wereldoorlog samenvatte, zette het rapport *Limits to growth* van de Club van Rome de toon voor de periode na 1970.⁴⁹ De horizon van de wetenschap bleek toch niet zo eindeloos als gedacht. De veronderstelling dat fundamenteel wetenschappelijk onderzoek uiteindelijk tot technologische doorbraken of verbeteringen zou leiden, werd verlaten. Bovendien bleken wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen niet alleen maar vooruitgang te brengen, maar ook een heel scala aan problemen en zorgen. Welvaartsgroei was niet langer zaligmakend; steeds meer kwam de zorg voor het welzijn in het centrum van de belangstelling te staan.

Hoewel er na 1970 niet minder belang aan het doen van onderzoek werd gehecht, wijzigde de motivatie daarvoor ingrijpend. Wetenschap en technologie werden niet langer als motor van de vooruitgang gezien, maar moesten zich richten op het oplossen van maatschappelijke problemen. Onderzoek moest op zijn maatschappelijke relevantie worden beoordeeld. De overheid, als hoedster van het algemeen belang, poogde tot een coherent wetenschapsbeleid te komen waarin zij zelf sterk de richting van het onderzoek zou kunnen bepalen. In 1966 kwam in dat kader de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid (RAWB) tot stand (de huidige Adviesraad voor Wetenschaps- en Technologie-

beleid, AWT) en in 1973 trad Boy Trip aan als eerste minister voor Wetenschapsbeleid.⁵⁰

De ontwikkelingen leken aanvankelijk niet zoveel consequenties te hebben voor TNO. Henri Julius, een voormalig hoogleraar geneeskunde die sinds 1959 de voorzitter van TNO was, constateerde in 1970 bijvoorbeeld dat TNO al sinds jaar en dag onderzoek deed naar hoogst relevante zaken als de detectie van giftige stoffen en luchtverontreiniging. 'Wij hebben er slechts een aan de actuele benadering aansluitende "titel": b.v. "milieubeheer" aan behoeven te hechten.'⁵¹ Sterker nog, het was juist de taak van TNO om wetenschap dienstbaar te maken aan het algemeen belang en die taak was ook nog eens verankerd in de wet.⁵²

Toch wist ook hij dat het niet zó eenvoudig lag. Vlak voor zijn pensionering in 1972 bedacht hij de zogenaamde dwarsverbanden: een bundeling van specialisten uit verschillende instituten die zich op het uitvoeren van een project of een programma richtten. Hiermee probeerde hij de horizontale samenwerking in de organisatie te versterken, in lijn met wat industriële researchlaboratoria beoogden met het invoeren van een matrixorganisatie.⁵³

TNO moest klaar zijn voor een nieuw soort complexiteit in de maatschappij. Goed uitgeruste instituten konden uitstekend onderzoek doen naar het roken van vis of het ontwikkelen van een spuitgietmachine, maar TNO deed steeds meer onderzoek waarbij de doelstellingen minder eenduidig waren en waar een 'polycategorische' aanpak vereist was. Problemen als urbanisatie of watervervuiling bestonden uit vele facetten en vroegen een brede aanpak terwijl TNO, en de wetenschap in het algemeen, steeds gespecialiseerder werkten. Doordat TNO echter veel kennis in huis had uit verschillende disciplines, meende Julius dat de organisatie bij uitstek geschikt was om op deze ontwikkeling in te spelen.⁵⁴

TNO zou na 1970 meer doen dan het leggen van dwarsverbanden alleen. Er werd ook gestaag aan de opbouw van nieuwe competenties gewerkt, bijvoorbeeld op het gebied van milieu en energie. Dat leidde op den duur tevens tot nieuwe groepen en instituten als de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie en het Instituut TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie (TNO MEP).

Toch ontquam TNO niet aan het maatschappelijk debat over wetenschap en technologie. Haar functioneren kwam onder vuur te liggen. De RAWB begon vanaf haar oprichting in 1966 een stroom nota's te produceren die lang niet altijd even positief waren over TNO. De raad verwoordde het algemene gevoel over wetenschap en technologie in de jaren zeventig en werd daarin gesteund door verschillende ministers, onder wie de minister van Wetenschapsbeleid. Illustratief was de nota 'Advies inzake innovatie, in het bijzonder industriële innovatie' van juli 1972.⁵⁵

Geheel in de geest van de tijd stelde de RAWB dat onderzoek niet alleen in het teken moest staan van economische groei, maar ook van menselijk welzijn. Onderzoek diende zich te richten op het oplossen van maatschappelijke problemen zoals het milieu en de veiligheid. Wat betreft de industrie ging het niet langer meer om het stimuleren van onderzoek in het algemeen, maar om het bevorderen van 'innovatie'. Daarbij huldigde de raad de opvatting dat 'in het innovatieproces de zuigkracht van de markt sterker is dan de stuwkracht van het researchresultaat'.⁵⁶ Of in een ander jargon: *market-pull* in plaats van *technology-push*. Dit was een nieuwe visie op onderzoek. Tot die tijd had in beleidskringen het omgekeerde adagium gegolden.

Wat de overheid betreft: die had een taak in industriële innovaties daar waar wetenschappelijk onderzoek voor bedrijven niet haalbaar was in verband met kosten en rentabiliteit. Maar, zo stelde de raad: de onderzoeksinstituten van de overheid hadden twee structurele problemen, namelijk de onvoldoende gerichtheid op de industriële

praktijk en het ontbreken van coördinatie.

Het eerste probleem ontstond volgens de RAWB omdat 'de meeste in R&D-instituten werkzame academici ver afstaan van de praktijkproblemen ...' Het werd versterkt door '... de gevoelde noodzaak een betrouwbaarheids-image te handhaven, hetgeen in combinatie met de academische twijfel ... ertoe leidt dat een eenvoudige vraag veelal de aanzet is tot uitgebreid fundamenteel onderzoek'. Verder bepaalden interne initiatieven de onderzoeksprogramma's van overheidsinstituten zonder dat er sprake was van goede contacten met de productie en de markt. Het fundamentele onderzoek dat daarvan het gevolg was, bereikte '... een wetenschappelijk niveau van betekenis en wordt derhalve vooral geraadpleegd door de zeer grote concerns ... het is echter de vraag of het uit een oogpunt van innovatie doelmatig is besteed'.

Met zijn kritiek had de raad met name TNO op het oog. De RAWB achtte 'een heroriëntatie van een aantal TNO-instituten gewenst ...'. Enigszins merkwaardig waren zijn opmerkingen over wat de instituten dan wel moesten doen. Deze moesten werken aan onderzoeksvraagstellingen waarmee 'de bedrijven gemeenschappelijk te maken hebben', bijvoorbeeld het ontwikkelen van keurings- en analysemethoden en het onderzoek naar allerlei basisbewerkingen, zoals mengen, verpakken en conserveren. Dat was echter wat de TNO-instituten deden in wat wij hier de collectieve research hebben genoemd. Ook zou het onderzoek zich volgens de RAWB kunnen richten op bepaalde onderdelen van een product- of procesinnovatie van een specifiek bedrijf. Dat was wat binnen de TNO-instituten onder de contractresearch viel. De TNO-instituten deden geen fundamenteel onderzoek, zoals de raad dacht, maar precies het onderzoek dat de raad beoogde.⁵⁷

De RAWB stelde nog een ander thema aan de orde, namelijk de coördinatie van het onderzoek. Die gebeurde - zoals wij hebben gezien - *bottom-up*. Voor de raad waren de onderzoeksinstituten te onafhankelijk en was hun beleid te *ad hoc*. De coördinatie moest *top-down* geschieden. Verdieping en verbreding van het overheidsonderzoek vereisten een bundeling van krachten en nationale programma's: 'In Nederland ontbreekt een centraal punt voor het bevorderen van noodzakelijke innovaties en de daarvoor benodigde R&D.' TNO zou dat centrale punt kunnen zijn, maar dan zou ze gereorganiseerd moeten worden.

TNO zou onder een strakkere regie van de overheid moeten komen. De ministeries dienden te beschikken over medewerkers die deskundig waren op de onderzoeksgebieden van TNO. Zij moesten participeren in het TNO-bestuur en meepraten over het onderzoeksbeleid. De Centrale Organisatie zou als een meerhoofdige directie moeten gaan optreden en 'het autonome handelen van de bijzondere organisaties, van de instituten en zelfs van de individuele onderzoekers, moet dan aanzienlijk worden ingeperkt'.⁵⁸

De nota van de RAWB was geen grondige evaluatie van de Nederlandse onderzoeks-instituten, maar een politiek document. Hij werd geschreven in een tijd dat de glans van wetenschap en technologie was verdwenen. De grote kennisorganisaties werden kritisch benaderd. Onderzoek had niet meer die magie als voorheen. Het was niet automatisch het antwoord op de maatschappelijke vraagstukken. De maatschappij moest grondig veranderen. Dat was mogelijk. Zij was 'maakbaar', maar dan wel onder krachtige regie van de overheid. TNO was een van de beschikbare instrumenten.

DE REORGANISATIE VAN 1980 EN DE TNO-WET VAN 1985

De discussies in de politiek, het beleid én binnen TNO leidden onherroepelijk tot een reorganisatie van TNO in deze geest.⁵⁹ De Tweede Kamer keurde in 1980 een nieuwe

organisatiestructuur goed en deze werd wettelijk verankerd in de TNO-wet van 1985. Een cruciaal element van de reorganisatie was de vervanging van de Centrale Organisatie door een raad van bestuur. Deze raad was voortaan het hoogste bestuursorgaan en bestond uit vijf voltijds bestuurders.

Een raad van toezicht, bestaande uit acht leden, had een controlerende, toezieende en adviserende functie. Bestuurders en leden werden door de Kroon benoemd. Voordrachten door de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen en de Sociaal-Economische Raad, zoals opgenomen in de TNO-wet van 1930, waren nu weggelaten.

De Bijzondere Organisaties werden opgeheven.⁶⁰ Daarvoor in de plaats kwamen 'hoofdgroepen' met een hoofddirectie en een programma-adviesraad. Aan de basis vond men de instituten met een directie en een adviesraad. De bestuurders waren op alle niveaus TNO'ers en niet meer de mix van TNO'ers en vertegenwoordigers van universiteiten en maatschappelijke organisaties, die dat bestuurswerk in deeltijd hadden vervuld. Die vertegenwoordigers hadden in de nieuwe structuur zitting in de raden van toezicht en advies. Zij hadden hun besluitvormende stem grotendeels verloren.

Overigens behield het defensieonderzoek een aparte status, net als in de TNO-wet van 1930. Daarop komen wij in hoofdstuk 14 terug.

De argumentatie voor de herziening van de TNO-wet van 1930 week in enkele opzichten sterk af van die van de RAWB. Voor de wetgever was TNO in de loop der tijd een uitvoerende onderzoeksorganisatie geworden. Dat moest ook haar hoofddoelstelling zijn. Zij moest hiërarchisch georganiseerd worden, zoals dat ook in bedrijven gangbaar was. Verder kon de coördinatie van het onderzoek in Nederland, oorspronkelijk ook een hoofddoelstelling van TNO, onmogelijk meer het werk van één instantie zijn, aldus de *Memorie van Toelichting*: 'Het spectrum van toepassingsgebieden en van daarbij betrokken disciplines, alsmede aantal en spreiding van op dit gebied actieve universitaire en niet-universitaire instellingen is daarvoor te groot geworden.'⁶¹ TNO als centraal coördinerend punt van het toegepaste onderzoek in Nederland, zoals voorgesteld door de RAWB, werd hier losgelaten. Dit zou verregaande consequenties hebben.

Er was nog een verandering met verregaande consequenties, namelijk de invulling van de subsidie die de overheid jaarlijks aan TNO ter beschikking stelde. Deze subsidie werd voorheen vastgesteld op basis van plannen. TNO maakte deze plannen zelf met de betrokken maatschappelijke organisaties en bouwde onder andere daarmee de collectieve research op. De financiering zou volgens de TNO-wet van 1985, behalve uit de opdrachten die het rijk en het bedrijfsleven aan de organisatie verstrekten, uit twee soorten subsidies bestaan: een doelsubsidie en een basissubsidie. De doelsubsidie zou gekoppeld worden aan onderzoeksprogramma's die in nauw overleg met de ministeries tot stand moesten komen. Het mes zou hiermee aan twee kanten snijden: TNO zou beter door de overheid worden aangestuurd en de ministeries werden gedwongen om onderzoeksbeleid te ontwikkelen. De basissubsidie was bestemd voor 'vrij speurwerk', sectoroverstijgende programma's en het langetermijnonderzoek, kortom voor kennisontwikkeling.⁶² TNO kreeg de volledige zeggenschap over dit deel van de subsidie. De invoering van het nieuwe systeem begon in 1981 en verliep geleidelijk.

Na 1970 begon TNO aan een geheel nieuwe fase. De organisatie had een ongekend dynamische periode achter de rug, waarin ze groeide van enkele honderden medewerkers kort na de oorlog tot circa 5000 in 1970. Daarna stabiliseerde de omvang zich op dat niveau. Dat alleen al gaf een nieuwe wending aan de organisatie. De opbouwfase, met veel enthousiasme en veel ruimte voor nieuwe initiatieven, was voorbij. Een fase

van stabilisatie kondigde zich aan en daarmee de strijd om middelen die nu als schaars werden ervaren en die over gevestigde belangen en nieuwe initiatieven verdeeld moesten worden.

Bovendien waren de opvattingen over de rol van TNO veranderd. TNO werd niet langer meer beschouwd als dé organisatie voor de coördinatie van het toegepast onderzoek in Nederland. Zij werd primair gezien als een uitvoerende onderzoeksorganisatie en als zodanig had zij een tweeledig karakter. Allereerst voerde zij contractonderzoek uit voor overheid en particulieren. Zij bewoog zich als commerciële onderzoeksorganisatie op de vrije markt voor onderzoek en concurreerde met andere onderzoeksinstituten. Op de tweede plaats was zij een overheidslaboratorium in de zin dat het TNO-bestuur door de overheid werd ingesteld en aan haar verantwoording moest afleggen én in de zin dat de overheid haar stempel op het onderzoek van TNO wilde drukken.

Daarmee veranderde ook de organisatiestructuur. Lange tijd was TNO een soort federatieve instelling. De vrij zelfstandige TNO-instituten waren in een Bijzondere Organisatie gebundeld, die als een federatie beschouwd kon worden, terwijl de vier Bijzondere Organisaties (waaronder de Nijverheidsorganisatie TNO) samen met de Centrale Organisatie TNO de 'federatie TNO' vormden.⁶³ In 1980 kreeg TNO een concernmodel, met een centrale leiding in de vorm van een raad van bestuur.

Wat voor consequenties hadden deze nieuwe kaders voor het functioneren van TNO? Wat betekenden zij voor de collectieve research? Leidde de verdeling in een commerciële organisatie voor contractresearch en een overheidslaboratorium tot spanningen binnen TNO?

Harry Lintsen en Arjan van Rooij

5. TNO EN MODERNISERING (1980-2012)

TNO moest zich na 1970 opnieuw uitvinden. Dit had niet alleen te maken met de discussies rond TNO en de nieuwe wettelijke kaders, maar ook met de maatschappelijke context.

Een belangrijk aspect was de veranderde kennisinfrastructuur in Nederland. Er had zich een nieuwe technisch-wetenschappelijke revolutie voltrokken (ict, biotechnologie, medische techniek, etc.). Nieuwe opleidingen en beroepen ontstonden en er kwamen nieuwe kennisgebieden en kennisnetwerken tot ontwikkeling. Nieuwe maatschappelijke vraagstukken dienden zich eveneens aan, onder andere de milieu- en de energieproblematiek. Deze vraagstukken vroegen om de ontwikkeling van interdisciplinaire kennis. Bovendien zetten bedrijven als Philips en DSM steeds meer in op een innovatie-model waarin het samenwerken met andere bedrijven en kennisorganisaties een expliciete doelstelling werd. Onderzoek en ontwikkeling waren te duur en te risicovol geworden. Tevens gingen publieke onderzoeksinstellingen meer en meer als 'kennis-bedrijven' functioneren. Universiteiten waren daar een belangrijk voorbeeld van. Zo verdubbelde de Technische Universiteit Eindhoven haar onderzoeksinspanning tussen 1980 en 2004, waarbij het aandeel opdrachten toenam van 12% naar 35%.⁶⁴

Verder onderging de economische structuur een ingrijpende transformatie. Een golf van faillissementen overspoelde Nederland in de vroege jaren tachtig. Duizenden bedrijven sloten jaarlijks hun poorten en tienduizenden werknemers kwamen op straat te staan.⁶⁵ Oude bedrijfstakken, zoals de grote scheepsbouw en de textiel, verdwenen. Nieuwe bedrijfstakken, zoals de ict en de fijnchemie, kwamen tot ontwikkeling. De slechte winstgevendheid van de Nederlandse industrie had haar effect op TNO, maar radicale bezuinigingsoperaties van het rijk eisten ook hun tol. In dat spoor veranderde de maatschappelijke rol van de overheid: minder overheid en meer markt.

Welke gevolgen had dit alles voor TNO? De organisatie kwam door de bezuinigingen van de overheid en bedrijven in zwaar weer terecht. Rond 1980 had TNO ongeveer 5000 mensen in dienst. Deze omvang bleef in de jaren tachtig min of meer stabiel, om na 1990 scherp te dalen tot minder dan 4000 mensen (in 1998). Tot 2010 zou de omvang zo rond de 4000 blijven schommelen. Het budget groeide nauwelijks (zeker na inflatiecorrectie) en kromp zelfs rond 1995. TNO veranderde echter niet alleen in omvang, maar ook van karakter.

NAAR EEN ORGANISATIE VOOR CONTRACTRESEARCH (1980-2012)

De belangrijkste kwalitatieve verandering was dat TNO zich tot een organisatie voor contractresearch ontwikkelde. Het collectieve karakter van de organisatie verdween. Het merendeel van de researchverenigingen werd opgeheven. Maatschappelijke organisaties waren niet meer in de TNO-besturen vertegenwoordigd. Hun rol in het onderzoeksbeleid was aanzienlijk minder geworden. De onderzoeksprogrammering werd meer en meer bepaald door de contracten die TNO afsloot. In verschillende nota's presenteerde TNO zich als een organisatie voor contractresearch.⁶⁶ Illustratief is ook dat de voorzitters van TNO vanaf de jaren negentig niet meer uit academische of overheidskringen kwamen, maar uit het bedrijfsleven (zie tabel 5.1).

Betekende deze ontwikkeling het einde van de collectieve research? Dat blijkt niet het geval te zijn. De collectieve research kwam wel op een andere wijze tot stand en kreeg een ander karakter. Na 1970 was er sprake van een nieuwe trend in het onderzoeksbeleid van de overheid, namelijk die van de projectfinanciering. Drie vormen van projectfinanciering zijn in dit verband van belang: de thematische competitie, de consortiacompetitie en de Europese financiering.⁶⁷

Tabel 5.1: De voorzitters van de Centrale Organisatie TNO en van de Raad van Bestuur TNO, 1932-2012

NAAM	PERIODE
Prof.dr. F.A.F.C. Went	1932-1935
Prof.dr. G. van Iterson jr.	1935-1939
Dr. J. Alingh Prins	1939-1946
Prof.dr. H.R. Kruyt	1946-1953
Ir. Z.Th. Fetter	1953-1959
Prof.dr. H.W. Julius	1959-1972
Dr.ir. A.A.M. van Trier	1972-1974
Dr. L.B.J. Stuyt	1974-1980
Prof.ir. W.A. de Jong	1980-1989
Ir. F.E. Mathijssen Gerst	1989-1995
Ir. J.A. Dekker	1995-2003
Ir. J.C. Huis in 't Veld	2003-2008
Ir. J.H.J. Mengelers	2008-

Opmerkingen: Vanaf 1981 is er sprake van de Raad van Bestuur. Went en Van Iterson bleven hoogleraar. Kruyt stopte in 1945 met zijn hoogleraarschap in verband met zijn benoeming tot voorzitter van de Centrale Organisatie TNO. Van Trier en De Jong hadden een verleden als industrieel onderzoeker bij respectievelijk Philips en Koninklijke Shell. Van Trier was verder hoogleraar en rector magnificus van de Technische Universiteit Eindhoven en minister van Wetenschapsbeleid. Mathijssen Gerst, Dekker, Huis in 't Veld en Mengelers kwamen uit het bedrijfsleven.

Bij thematische competitie stelde de overheid middelen ter beschikking om onderzoekscapaciteit op een bepaald gebied op te bouwen. Soms ging het ook om het stimuleren van innovaties en het scheppen van samenwerkingsverbanden tussen onderzoeksorganisaties, bedrijven en instellingen. Een programmacommissie of -bureau zorgde voor de regie en de toewijzing van de middelen. Voorbeelden waren de Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma's (IOP's) uit de jaren tachtig op het gebied van polymeren en katalyse. Een belangrijke regeling voor TNO was de Programmatische Bedrijfsgerichte TechnologieStimulering (PBTS).

In de jaren negentig was er tevens sprake van consortiacompetitie, waarbij de overheid 'focus en massa' wilde creëren in het onderzoek. Ook hier ging het om het komen tot coördinatie en samenwerking. Vier Technologische Topinstituten op het gebied van voeding, metalen, polymeren en telematica startten in 1997.

Ten slotte ontwikkelde ook 'Europa' fondsen ter bevordering van onderzoek en innovatie op bepaalde gebieden. Het doel was eveneens om de samenwerking tussen onderzoeksorganisaties en bedrijven op Europees niveau te stimuleren.

Van al deze vormen van projectfinanciering maakte TNO gebruik, zoals de volgende hoofdstukken laten zien. De opbrengst van de projecten en de programma's was veelal collectief, in de zin dat de voortgebrachte kennis grotendeels openbaar was en de onderzoeksprogrammering in samenwerkingsverbanden ontwikkeld werd. De coördinatie ervan lag - uitzonderingen daargelaten - echter niet bij TNO.

Er was nog een andere dynamiek binnen TNO te zien, namelijk haar aanpassingen aan veranderingen in markten en kennisdomeinen. Illustratief waren de reorganisaties, naamsveranderingen en herordening van TNO-instituten en -onderdelen. Op de werkvloer was er sprake van de verdwijning van onderzoeksgroepen of competentiegebieden, de groei van bestaande of de vorming van nieuwe competentiegebieden. Zo verschoven het Leerinstituut TNO en het Vezelinstituut TNO langzaam maar zeker naar de periferie van de organisatie. Eerst werden zij onder één noemer samengevoegd. Vervolgens vielen zij onder TNO Kunststoffen en Rubber/Branchecentra. En in 1996 waren zij

uiteindelijk niet meer herkenbaar binnen TNO terug te vinden. Die ontwikkeling was, gezien de verandering in de economische structuur, onvermijdelijk. Overigens zijn residuen nog steeds aanwezig, bijvoorbeeld in het competentiegebied 'intelligent textiel'.

Voor het Kunststoffeninstituut TNO lag de situatie anders. Het werd in de jaren zestig met het Rubberinstituut TNO samengevoegd tot het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut en bleef jarenlang onder die naam voortbestaan. In de jaren daarna leidde het instituut een wisselend bestaan. In de jaren negentig kwam het in een neergaande spiraal terecht en viel het sterk gereduceerde onderzoek onder de Hoofdgroep Industriële Producten en Diensten, vanaf 2005 onder de business unit 'Materiaal technologie' en vanaf 2011 onder een van de 20 innovatiegebieden, namelijk 'High-tech systemen en materialen'. Opmerkelijk is dat TNO uiteindelijk geen kans zag aan te haken op de nieuwe dynamiek in deze sector. Een deel van de chemische industrie ging over van de bulk- op de fijnchemie. Op het gebied van kunststoffen leidde dat onder andere tot omvangrijk, collectief onderzoek naar engineering plastics, functionele polymeren en andere speciale producten. TNO miste de boot, zo blijkt uit een verdere analyse (zie onderstaande paragraaf).

De klassieke, branchegerichte instituten verdwenen grotendeels, daarvoor in de plaats kwamen themagerichte en sectoroverschrijdende TNO-onderdelen. Dat had mede te maken met de opkomst van nieuwe basistechnologieën als de informatie- en communicatietechnologie (ict) of met de breedheid van een maatschappelijk vraagstuk, zoals mobiliteit en energie. In de hoofdstukken 6 en 7 worden die veranderingen meer in detail geschetst voor hightech systemen en mobiliteit. Hier gaan wij kort in op ontwikkelingen van het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut en van het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies. Ook schetsen wij hoe TNO reageerde op de komst van een geheel nieuw kennisdomein, namelijk ict.

DE ONDERGANG VAN HET TNO KUNSTSTOFFEN EN RUBBERINSTITUUT

In de jaren zeventig vond de ommekeer plaats voor het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut. Het instituut had een dynamische periode achter de rug. Het was een erkend instituut in de kunststoffensector, had een centrale rol vervuld bij de opbouw van de kennisinfrastructuur, deed collectief onderzoek en kreeg volop onderzoeksopdrachten van bedrijven. Het instituut had zich tot die jaren weten aan te passen aan de veranderingen in de sector. Dat lukte nadien met wisselend succes.

Problematisch was de recessie in de chemische sector. Vanaf 1965 had in de chemische basisindustrie een enorme schaalvergroting plaatsgevonden. Dat had tot een immense overcapaciteit geleid, met desastreuze gevolgen voor de winstgevendheid van bedrijven. Daar kwamen de oliecrises van 1973 en 1979 nog bij, die voor een sterke prijsstijging van de fossiele grondstoffen zorgden. Toch waren dat niet de enige of de belangrijkste oorzaken van de teloorgang van het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut.

Het instituut had steeds meer concurrentie gekregen van de grote laboratoria van de kunststofproducerende industrie (DSM, AKU, GE Plastics, etc.). Op bepaalde terreinen had het zijn onderzoek in de jaren zestig gestaakt of verschoven, zoals op het gebied van de synthese van kunststoffen. Het was zich meer op de kunststofverwerking gaan richten. De kunststofproducenten begonnen echter in de jaren zeventig zelf service te verlenen aan de kunststofverwerkers. Voor de spuitgietsector werden nieuwe of verbeterde plastics ontwikkeld die aan specifieke eisen van de klant voldeden. Er werd samengewerkt in de productontwikkeling, zoals bij kunststof tuinstoelen en kunststof autobumpers.⁶⁸ De kunststofverwerkende sector was inmiddels ook volwassen. Het

was voor een bedrijf als WAVIN niet langer nodig om bij het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut aan te kloppen om te leren hoe zij het beste kunststof pijpen kon extruderen. Dergelijke bedrijven hadden inmiddels zelf uitgebreide afdelingen voor productverbetering.⁶⁹ Zodoende werd het instituut ook voor de kunststofverwerkende industrie minder belangrijk.⁷⁰ Verder verouderde het grote machinepark snel en had TNO niet de middelen om de machines te vervangen.⁷¹ De industrie beschikte inmiddels over de machines en de mensen om producten zelf te testen. GE Plastics in Bergen op Zoom had daarvoor alleen al rond de vijftig man in dienst.⁷²

Dan zat er vermoedelijk nog een belangrijke 'weeffout' in de TNO-organisatie van het kunststoffenonderzoek. Het langetermijnonderzoek was in de jaren vijftig bij het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut weggehaald en in het Centraal Laboratorium TNO ondergebracht (zie hoofdstuk 3).⁷³ Voor dat onderzoek had de grootindustrie wel belangstelling. Het floreerde goed, maar daarvan kon het instituut niet profiteren. In 1980 werd de 'weeffout' hersteld en leefde het instituut weer op.

Deze opleving kwam ook omdat het instituut zich begon te specialiseren. Er werd onder meer specialistisch onderzoek gedaan naar diëlectrica. Daar was belangstelling voor bij Philips (electreet microfoons), Verto en later 3M (electreetfilters) en bijvoorbeeld bij een consortium van bedrijven die plakband produceerden of folies wikkelden (om de zoveel tijd explodeerde daar een productielijn vanwege de bij het wikkelen optredende statische ontladingen). Productontwikkeling vond plaats aan met koolstofvezel versterkte kunststofproducten, bijvoorbeeld voor de ruimtevaart en de energiesector. Een andere lijn was het onderzoek naar het gedrag op de lange duur van kunststoffen, onder andere de duurzaamheid van de geotextielen onder de Oosterscheldedam. Het instituut voerde onderzoek uit naar het breukmechanisme in kunststofleidingen, bijvoorbeeld naar het crazen (krakeleren) van pvc-gasleidingen, waarvan toen 50.000 km in de Nederlandse bodem lag.⁷⁴

In de jaren tachtig begon de polymeertechnologie aan een nieuwe fase, mede door de verschuiving in de industrie van bulk- naar fijnchemie. Het polymeerveld verbreedde zich. Nieuwe onderzoeksthema's dienden zich aan en nieuwe deskundigheid was vereist. Aanpassing van het onderwijs bleek noodzakelijk. Zo merkte DSM dat het veel nieuwe onderzoekers moest bijscholen. De sector bleek behoefte te hebben aan regie en coördinatie. De universiteiten van Eindhoven en Twente namen samen met de industrie (vooral DSM) en het Kunststoffen en Rubberinstituut TNO het initiatief tot de oprichting van de stichting Polymeer Technologie Nederland. Doel van de stichting was het coördineren van opleiding en onderzoek van de kennisinstellingen en het 'afstemmen met de industrie'.⁷⁵ De stichting bracht het tot landelijk opleidingsinstituut. De coördinatie en de afstemming van het universitaire en het industriële onderzoek lukten evenwel niet. Universitaire groepen, zoals aan het toen toonaangevende Groningen, zagen een verregaande samenwerking met de industrie als een bedreiging van het 'vrije' onderzoek en zij distantieerden zich dan ook van het industriële initiatief.⁷⁶

In 1988 werd er een nieuwe poging gedaan met de oprichting van de Advies Groep Materialen, een groep hoogleraren en industriëlen die de minister moest adviseren over te vormen beleid over innovatieve materiaalgebieden. De groep berekende dat de productie in Nederland van kunststoffen, rubbers, vezels, composieten, coatings, lijmen, katten, folies, schuimen en dergelijke 'polymeerproducten' '... een van de grootste industriële activiteiten in Nederland is, qua omzet groter dan de landbouw'. Toch kende Nederland geen ministerie van polymeren, noch een eigen polymeeruniversiteit. De universitaire inspanning was in verhouding opvallend gering.⁷⁷ Rond 1995 waren er in Nederland 'ongeveer tien industriële onderzoekers actief op het gebied van polymeren

tegenover één universitaire onderzoeker'.⁷⁸ Het voorstel van de Advies Groep Materialen luidde aldus: verdubbel het universitaire onderzoek en richt de aandacht op materialen die nu en in de toekomst voor de industrie van belang zijn. Het primaat diende te liggen bij 'basiskennis' en radicaal nieuwe ontwikkelingen, want 'producten ontwikkelen en verbeteren kan de industrie zelf en beter'.⁷⁹

Toen minister Hans Wijers van Economische Zaken met het initiatief van de Technologische Topinstituten (TTI) kwam, was het Dutch Polymer Institute (DPI) een van de eerste.⁸⁰ Het instituut, gestart in 1997, richtte zich op het uitvoeren van een generiek onderzoeksprogramma met veelbelovende toepassingen in gespecialiseerde richtingen. Deelnemende universiteiten legden samen met industriële partners geld op tafel, dat door de overheid werd verdubbeld. Onderzoek kwam tot stand door samenwerking van academische en industriële onderzoekers.

'Wat DPI nu doet, is eigenlijk een TNO-activiteit'.⁸¹ TNO vervulde de regierol al lange tijd niet. Opmerkelijk was echter dat het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut ook nauwelijks bij het onderzoek betrokken werd. 'Toen de goede mensen vanaf eind jaren tachtig verdwenen, stortte TNO gewoon in'.⁸² Dat gold tevens voor de servicefunctie van het instituut. De kunststofproducerende industrie bouwde in de jaren negentig haar service aan de kunststofverwerkende industrie weer af. TNO slaagde er niet in om in het gat te springen.⁸³

In dat gat sprong wel de Technische Universiteit Eindhoven, onder andere met de oprichting van de Polymer Technology Group BV (PTG). Momenteel heeft de groep 20 onderzoekers in dienst, die door de industrie betaald worden. Het werk wordt op de universiteit uitgevoerd, waar apparatuur en technici van de universiteit ter beschikking van de onderzoekers staan. Voor het midden- en kleinbedrijf voert de groep voornamelijk analyses uit, voor de grotere bedrijven vooral onderzoeksprojecten.⁸⁴

Volgens de oud-directeur van het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut is de tegenwoordige rol van TNO op het gebied van polymeren nagenoeg 'nul'.⁸⁵

Wat op het domein van de kunststoffen niet lukte, lukte echter wel op het domein van de bouw. De TNO-activiteiten lieten hier een grote mate van continuïteit zien. Bovendien werden er nieuwe competenties ontwikkeld en nieuwe toepassingsgebieden gevonden.

EXCELLENTIE IN BOUW EN ONDERGROND

Het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies bleef tot circa 1990 onder die naam voortbestaan en zou tot 2003 onder de naam TNO Bouw worden voortgezet. Daarna ging het met een viertal TNO-instituten samen in het kerngebied 'Bouw en Ondergrond'.⁸⁶ Uiteindelijk zou het een van de zeven hoofdthema's van TNO worden, namelijk 'Gebouwde omgeving'. In dit geval ontwikkelde een middelgroot TNO-instituut zich tot een van de hoofdpeilers van de organisatie. Dat had onder andere te maken met de opgebouwde expertise; daar was grote vraag naar. Een rol speelde ook dat het thema 'ondergronds bouwen' begin jaren negentig prominent op de politieke agenda verscheen.

De opgebouwde expertise was het resultaat van een lange onderzoekstraditie. Vanaf de oprichting hield het onderzoeksinstituut zich bezig met sterkte-, stijfheids- en draagkrachtmetingen aan bouwmaterialen en bouwconstructies. Onderzoekers bouwden proefopstellingen en modellen. Zij zetten trekbanken en drukpersen in om constructies van metaal, steen, gewapend beton, hout en andere bouwmaterialen te belasten. Er werden belastingstabellen met veiligheidsmarges vervaardigd. Meetmethoden werden ontwikkeld en verbeterd.⁸⁷ De kennis werd vastgelegd in

voorschriften en standaardprocedures en via rapporten, cursussen en voorlichtingsbijeenkomsten naar de bouwwereld overgebracht. In retrospectief oordeelde een TNO-medewerker: 'Sinds 1945 is het op deze wijze mogelijk geweest zonder al te grote problemen zeer drastische veranderingen in de grondslagen van de sterkteberekening van constructies ... door te voeren. Ook kon regelmatig snel worden ingegrepen als nieuwe ontwikkelingen (bijvoorbeeld hoger bouwen, prefabricage, energiebesparing, nieuwe materialen zoals kunststoffen) een aanpassing van gangbare constructiegewoonten noodzakelijk maakten'.⁸⁸

Vooraf bij grote bouwconstructies schoot op den duur de traditionele verwerking van de meetgegevens tekort om bruikbare en betrouwbare gegevens te genereren. Hier zou de informatietechnologie uitkomst bieden. Nieuwe rekenmethoden, zoals de 'eindige-elementenmethode', en de hulp van computers maakten het mogelijk 'zeer complexe en omvangrijke constructies met relatief grote nauwkeurigheid door te rekenen'.⁸⁹ De sterkte, de stijfheid en het trillingsgetal van zeer verschillende constructies, zoals kernreactordrukvlotten, metrocaissons en olieplatforms van gewapend beton, werden bij TNO begin jaren zeventig doorgerekend. Vooral voor berekeningen aan offshore-constructies zou TNO een belangrijke wereldspeler worden.⁹⁰ Zo ontwikkelde het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies samen met Smit (haven- en sleepdiensten, bergingswerkzaamheden op zee, et cetera) halverwege de jaren tachtig de Dynamic Offshore Test (DOST). Hierbij werd met een sleepboot een bepaalde belasting op een offshore-constructie uitgeoefend, waarna het trillingsgedrag werd geregistreerd. Deze niet-alledaagse methode leverde inzichten op in 'vermoeding' van materialen en in de breukmechanica.

Op basis van de eindige-elementenmethode ontwikkelde TNO vanaf begin jaren zeventig het computersoftwarepakket Displacement Analyzer (DIANA). Met DIANA kon het gedrag van uiteenlopende materialen en constructies worden geanalyseerd. Ook de effecten van stromingsverschijnselen en temperatuurveranderingen op bouwconstructies konden in de berekeningen worden meegenomen. Diana was oorspronkelijk ontworpen voor interne research. TNO investeerde een deel van de doel- en basis-subsidies in het programma. Men had het onder andere nodig voor het doorrekenen van de pijlervoeten van de Oosterscheldedam en de in beton gebouwde offshore-constructies.⁹¹

Om DIANA succesvol verder te kunnen ontwikkelen, moesten er klanten voor de software worden gezocht. De faculteiten Werktuigbouwkunde en Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft en Grondmechanica Delft bleken in het programma geïnteresseerd, alsmede Rijkswaterstaat en enkele ingenieursbureaus. Daarmee konden de investeringskosten worden terugverdiend en kon DIANA worden verbeterd en uitgebreid. Gaandeweg ontstond er een steeds grotere (internationale) afzetmarkt. Zowel onderzoeksinstituten als aannemers waren geïnteresseerd. De software is zelfs in een promotieonderzoek voor lage rugpijnen aan de RU Limburg gebruikt, omdat met behulp van het programma het chemo-mechanische gedrag van tussenwervelschijven kon worden beschreven.⁹²

In 1989 werd de Stichting DIANA opgericht, waarin naast TNO diverse universiteiten, onderzoeksinstituten en bedrijven zitting hadden. Binnen deze stichting konden de deelnemers zelf ontwikkelingen aan DIANA toevoegen. De stichting vond de eerste buitenlandse klant in Noorwegen en kon in 1992 drie Japanse gebruikers aan de orderportefeuille toevoegen. In 2003 werd het softwarepakket in een eigen BV ondergebracht, met vestigingen in Nederland, Groot-Brittannië en de Verenigde Staten en vertegenwoordigers in onder andere het Midden-Oosten en China. In een internationale vereniging wisselden gebruikers ervaringen met DIANA uit.⁹³

DIANA was door zijn modulaire structuur voor uiteenlopende doeleinden in de bouw te gebruiken. Constructeurs zetten het in voor de tribuneoverkapping van Feyenoordstadion de 'Kuip', het ontwerp van de Erasmusbrug (een andere Rotterdamse icoon), alsook voor sterkteanalyses van de kerende wand van de stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg.⁹⁴ Het werd ook veelvuldig gebruikt in de al genoemde offshore-industrie, zoals bij de berekening aan de constructie en fundering van het 400 meter hoge gasproductieplatform TROLL van Norsk Shell, dat sinds 1996 voor de kust van Noorwegen ligt. Shell Research, in samenwerking met de Zweedse Chalmers University, gebruikte DIANA voor een berekening van de mogelijkheden voor de opslag van vloeibaar natuurlijk gas in ondergrondse rotsformaties. Vanaf 1990 kende het pakket een speciale *Pipeline*-module. Hiermee waren bijvoorbeeld berekeningen te maken voor pijpleidingen en voor het leggen van deze leidingen op ongelijke zeebodems. Bij de honderden kilometers lange pijpleiding van België naar Noorwegen, het Zee-pipe-project, is DIANA bijvoorbeeld gebruikt.⁹⁵

Aan het begin van de jaren negentig was ondergronds bouwen hoogst actueel. De Rijksoverheid trok in 1990 een grote som geld uit voor verbetering van de Nederlandse infrastructuur. Hierbij werden ondergrondse oplossingen uitdrukkelijk betrokken. Er bestonden plannen voor circa 120 km aan ondergrondse tunnels en verdiepte constructies in ons land. In 1994 stelde het kabinet voor het programma Ondergronds Bouwen 40 miljoen gulden beschikbaar voor de periode 1995-1998.⁹⁶ De in het programma participerende bedrijven investeerden zelf nog eens 30 miljoen gulden ten behoeve van 'een permanente structuur waarbinnen een continue stroom van innovatieve productideeën wordt gegenereerd op het grensvlak van de bij ondergronds bouwen betrokken disciplines'. TNO Bouw raakte via het zogenaamde Delft Cluster betrokken bij het in 1995 opgerichte Centrum Ondergronds Bouwen (COB), dat met de sturing van het programma werd belast. In Delft Cluster was kennis van verschillende organisaties rond de gebouwde omgeving samengebracht.⁹⁷ Het COB gebruikte de organisatorische infrastructuur en de werkwijze van het Civieltechnisch Centrum Uitvoering, Research en Regelgeving (CUR) voor de uitvoering van zijn taken.⁹⁸ Dit centrum had in de jaren vijftig en zestig al ervaring opgedaan met het regisseren van collectief onderzoek, zoals wij eerder hebben gezien.

Internationaal bestond al de nodige kennis over ondergronds bouwen en was al de nodige ervaring opgedaan, maar dat betrof nagenoeg uitsluitend bouwprojecten in een harde ondergrond. Over de Nederlandse problematiek van het bouwen in zachte bodem was aanmerkelijk minder kennis en ervaring beschikbaar. Samen met het COB richtte Delft Cluster een consortium op waarin onder meer het project 'Innovatief ondiep bouwen' werd ondergebracht.⁹⁹

TNO Bouw trad als coördinator van de TNO-activiteiten binnen het programma Ondergronds Bouwen op. Zo werkte de Technisch Fysische Dienst samen met TNO Grondwater en Geo-energie (TNO GG) aan de ontwikkeling van een driedimensionale grondradar. Ook TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie (TNO MEP) en TNO Prins Maurits Laboratorium deden onderzoek in het kader van Ondergronds Bouwen. Laatstgenoemde (een TNO-instituut voor chemische en technologische research) bracht bijvoorbeeld expertise in op het gebied van explosies en de gevolgen daarvan, als onderdeel van een deelproject rond risico's en veiligheid bij ondergrondse constructies. Samen met TNO MEP en TNO Bouw coördineerde het ook onderzoek dat moest leiden tot een instrumentarium ten behoeve van veiligheidsbeheersing.¹⁰⁰

Binnen TNO Bouw was de afdeling Numerieke Mechanica al vanaf 1992 bezig de DIANA- software op het gebied van de zogenaamde geotechniek verder te ontwikke-

len.¹⁰¹ De afdeling onderzocht onder andere het gedrag van het betonnen binnenwerk van ondergrondse constructies en de interactie tussen een tunnelbuis en het grondmassief. TNO Bouw deed verder ook onderzoek naar (ongewenste) effecten van ondergronds bouwen op de omgeving. Zo werd een methode voor het continu meten van verzakkingen bestudeerd en de mogelijkheid om de aansturing van het boorproces aan te passen. Ook de effecten van trillingen op gebouwen en funderingen in de omgeving vanwege het bouwproces of vanwege een rijdende trein of metro door een tunnelbuis werden geanalyseerd. Een simulatiemodel waarmee trillingseffecten zijn te voorspellen en te beoordelen, werd mede door TNO ontwikkeld.¹⁰²

Voor ondergronds bouwen zijn er, behalve gegevens over eigenschappen, sterkte en stijfheid van materialen en constructies, ook gegevens nodig van de bodem waarin gebouwd wordt. TNO heeft hierin eveneens een lange traditie.¹⁰³ Al vanaf het midden van de vorige eeuw kunnen waterbeheerders, grondstofwinners, planologen, ingenieurs en adviesbureaus bij TNO terecht voor geowetenschappelijke informatie. Na verloop van tijd legde de Nederlandse overheid de taak voor het beheer van dergelijke informatie bij de organisatie neer. Hiervoor heeft TNO het DINO-systeem (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond) ontwikkeld. Dit archief omvat de resultaten van boringen, grondwatergegevens, sonderingen, geo-elektrische metingen, seismische gegevens, et cetera. Tevens bevat DINO het Regionaal Geo-hydrologisch Informatiesysteem (REGIS) en het Digitaal Geologisch Model (DGM).

REGIS is het resultaat van een samenwerking in de jaren negentig van TNO met het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en de provincies. Dit model laat gedetailleerd de mate zien waarin de diverse bodemlagen water doorlaten. In 1995 was het informatiesysteem ver genoeg ontwikkeld om het ook aan te bieden aan commerciële partijen.¹⁰⁴ Eind jaren negentig is op basis van circa 16.500 boringen begonnen met de ontwikkeling van een geologisch model dat het gehele land bestrijkt, het DGM. Het DGM geeft de Nederlandse bodem weer tot een diepte van circa 500 meter en is een voortzetting van de tot dan toe gedrukte kaarten en fysieke profielen van de Nederlandse bodem.

Omdat voor veel (ondergrondse) bouwwerken en andere doeleinden 'slechts' informatie over de toplaag van de bodem noodzakelijk is, is TNO bovendien gestart met een gedetailleerd driedimensionaal model van de bovenste dertig meter van de Nederlandse bodem. Dit GeoTOP-model, dat ook het gehele land moet bestrijken en nog in ontwikkeling is, maakt de selectie van geschikte locaties voor grote infrastructurele werken mogelijk, maar ook grondwaterstudies, berekeningen over bodemdaling en volumeberekeningen van delfstoffen.¹⁰⁵

Het is de bedoeling dat de gegevens van DINO samen met andere gegevens en databanken gebundeld gaan worden in de Basisregistratie Ondergrond.¹⁰⁶ Overheden en bouwers hebben dan de wettelijke plicht om nieuwe gegevens over de ondergrond aan te leveren en om de beschikbare gegevens voor ondergrondse activiteiten te gebruiken.¹⁰⁷

Op het gebied van 'Bouw' zijn doorlopende lijnen te construeren vanaf het begin van TNO tot de vorming van het hedendaagse hoofdthema 'Gebouwde Omgeving'. Dat is op het gebied van de informatie- en communicatietechnologie niet het geval. Toch is het opmerkelijk hoe allerlei vroege TNO-activiteiten bij elkaar komen en uiteindelijk tot het hoofdthema 'Informatiemaatschappij' leiden.

TNO EN DE INFORMATIETECHNOLOGIE

In de zomer van 1978 wijdde het TNO-tijdschrift *Project* bijna een geheel nummer aan het thema 'Computer en samenleving'. Twee van de zeven artikelen waren van de hand van TNO-medewerkers. De auteurs behandelden als echte TNO'ers een tweetal praktische toepassingen van de computer. Het ene artikel ging over de vraag hoe de computer onderzoekers kon helpen bij hun literatuuronderzoek, 'gezien de hoeveelheid wetenschappelijke informatie die ... over de mensheid wordt uitgestort'.¹⁰⁸ Het andere betrof de inzet van computers voor operationele research in oorlogssituaties.¹⁰⁹ Voor de bredere en meer beschouwende artikelen over de informatiemaatschappij liet TNO anderen aan het woord. Het achterblijven van Nederland op dit terrein was een van de thema's. Het land sliep nog als het ging om de mogelijkheden van de informatiemaatschappij, aldus J. van Boeckel van het Directoraat-Generaal voor Wetenschapsbeleid.¹¹⁰ En NRC-journalist F. Kuitenbrouwer zag Nederland 'half-blind' de informatiemaatschappij 'binnenstommelen'.¹¹¹

Moest TNO zich de kritiek op het achterblijven van Nederland op dit gebied persoonlijk aantrekken? Wat had TNO tot dan toe zelf gedaan aan de domeinoverschrijdende informatietechnologie? Had zij met een zelfde alertheid gereageerd als in de jaren veertig met de oprichting van het Kunststoffeninstituut TNO toen zich een revolutie op het gebied van kunststoffen voltrok?

De computer als elektronische rekenmachine was een product van de Tweede Wereldoorlog. De eerste computers waren experimentele machines, die voor het wetenschappelijk rekenwerk werden gebouwd. Zij doken in Nederland na de oorlog op bij het Mathematisch Centrum in Amsterdam (met een bloeiende rekenafdeling), op het Centraal Laboratorium van de PTT (tegenwoordig KPN) in Leidschendam en op het Natuurkundig Laboratorium van Philips in Eindhoven.¹¹² Rond 1960 stonden er in Nederland circa 35 mainframes. In de jaren zestig breidde het toepassingsgebied zich uit naar de administratieve organisatie. Computers werden omgedoopt tot informatieverwerkende machines die uitstekend geschikt waren voor personeels- en salarisadministraties. Mainframes werden gestandaardiseerd. De softwaresector kwam tot ontwikkeling. De administratieve automatisering kon mede daardoor tot bloei komen. Het aantal mainframes bleef echter nog beperkt, niet meer dan ongeveer duizend exemplaren rond 1970.

De verwachtingen wat betreft de computer namen nu echter toe. Hij zou het kantoor efficiënter maken, de dienstverlening gaan verbeteren, huishoudelijke arbeid gaan vervangen, het onderwijs veranderen, etc. Tegelijkertijd ontstond er een discussie over de gevaren van een oplopende werkloosheid door de oprukkende computer. Die vrees werd aangewakkerd door de economische crisis van de jaren zeventig. Het rapport van de Adviesgroep Maatschappelijke Gevolgen van de Micro-Elektronica (commissie-Rathenau) uit 1979 betekende een kentering.¹¹³ De overheid begon zich sindsdien en daardoor intensief met de computer te bemoeien. De informatiemaatschappij was geboren. In die sfeer moet men het themanummer van het TNO-tijdschrift *Project* plaatsen en de geluiden over de vermeende achterstand van Nederland.

TNO was al vroeg bij de bouw van computers betrokken. Binnen de Rijkswaterstaat was een methode voor de berekening van getijden en waterstromen ontwikkeld en een daarop afgestemd ontwerp voor een analoge computer uitgewerkt. Na de watersnoodramp van 1953 nam de Technisch Fysische Dienst TNO-TH de bouw van deze computer op zich. Het leidde in 1961 tot de Deltar, die vele jaren ten dienste van de Deltawerken functioneerde.¹¹⁴

Een andere vruchtbare bodem voor de inzet van computers was de statistische bewerking van gegevens die TNO als uitkomst van experimenten en tests massaal produceerde. In 1945 was de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten (ABW) voor de ondersteuning van die activiteit opgericht: 'Nederland, in dit opzicht nog maar nauwelijks aan bewustwording toe, had ... zijn eerste statistische service-instelling; zij stond ter beschikking van een ieder, die daartoe de behoefte voelde'.¹¹⁵

Een jaar na de oprichting werkten er een statisticus, twee rekenaarsters en een typiste, die de beschikking hadden over een (geleende) elektrische rekenmachine, één rekenschijf, rekentabellen en een 'schrijvende' telmachine. Al snel werd er geavanceerde apparatuur aangeschaft voor de verwerking van ponskaarten. De afdeling kreeg in 1958 een elektronische rekenmachine. Het betrof de eerste versie van ZEBRA, ontworpen door de Delftse ingenieur Willem van der Poel en in dat jaar geproduceerd door een Engels telefoniebedrijf. De naam stond voor Zeer Eenvoudig Binair Reken Apparaat en het was een van de eerste commerciële computers in Nederland.

In de jaren zestig schafte de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten diverse andere computers aan. Met de komst van de Elliot 503 in 1964 ging de afdeling ALGOL-cursussen aanbieden aan medewerkers die in deze programmeertaal geïnteresseerd waren.¹¹⁶ In september 1970 werd de naam veranderd in Instituut TNO voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek (IWIS-TNO). Er werkten toen 97 mensen bij het instituut, van wie 18 academici.

In dat jaar was bij het Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies een informatiecentrum opgericht voor onder andere regeltechnische projecten en industriële automatisering ten behoeve van TNO-instituten en de Nederlandse industrie.¹¹⁷ Nog in 1970 werd de Discussiegroep Computeractiviteiten TNO in het leven geroepen. Deze moest nadenken 'over de wijze waarop de computer binnen TNO meer geïntegreerd zou kunnen worden toegepast'.¹¹⁸ De discussiegroep kreeg ook te maken met de verzoeken op computergebied die vanuit het bedrijfsleven en de overheid aan TNO werden gericht.¹¹⁹

In 1977 richtte TNO het Centrum voor Technische en Wetenschappelijke Informatie en Documentatie op. Het ging bestaan uit de Afdeling Documentatie van de Octrooi-afdeling TNO en de in dat jaar door TNO van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging overgenomen Nederlandse Organisatie voor Chemische Informatie. Het doel van het informatiecentrum was om middels 'gecomputeriseerde informatievoorziening' voor eigen onderzoek en beleid en ten behoeve van derden wetenschappelijke informatie te bewaren, te ontsluiten en te verstrekken.¹²⁰

Zo waren er allerlei activiteiten binnen TNO die in nauwe relatie stonden met de komst van de computer in de eerste decennia na de Tweede Wereldoorlog. De verschillende TNO-instituten maakten zelf gebruik van computers. Een overkoepelend rekencentrum was aanwezig. De ontwikkelingen op het gebied van de computer hield men binnen TNO nauwlettend in de gaten. Een belangrijk verschil met de kunststoffen en het Kunststoffeninstituut TNO was dat TNO geen onderzoek verrichtte naar computers. Dergelijk onderzoek '... bijvoorbeeld naar geavanceerde microcomputers, wordt bij TNO niet of nauwelijks gedaan, enkele zeer specialistische onderzoeken daargelaten,' zo werd er in 1979 geconcludeerd.¹²¹ Een TNO Computerinstituut ontbrak. Voor de buitenwereld was TNO op computergebied in de jaren zeventig nauwelijks zichtbaar.

Naar aanleiding van het verschijnen van het rapport van de commissie-Rathenau in 1979 kwam TNO opnieuw met een themanummer. De teneur van de meerderheid van de vijf artikelen was nu niet het verwijt dat Nederland te laat reageerde op de nieuwe

technologische revolutie. Nu waren het vooral zorgen over de gevolgen van de informatietechnologie. Titels en korte toelichtingen bij artikelen waren met negatieve connotaties doorspekt: 'Aarzelingen aan de vooravond van een niet te stuiten revolutie', 'De gevolgen van micro-elektronika, ... een politiek probleem', 'Een steen die niet meer op te tillen is?', 'Databanken rukken onze huiskamers binnen', 'Wat staat ons te wachten?'

Daar was de commissie-Rathenau zelf debet aan. Deze had namelijk geconcludeerd dat het gevaar bestond 'dat de mens vervreemdt van de wereld waarin hij leeft, van de organisaties waarmee hij te maken heeft of waarvan hij deel uitmaakt, en van het werk dat hij verricht. Hij doorziet dan het geheel niet, voelt zich er niet bij betrokken en kan zich daardoor bedreigd voelen. Dit kan leiden tot een zich afwenden van de maatschappelijke verbanden waartoe hij behoort'. 'Dit is geen aantrekkelijk toekomstperspectief', aldus de redactie van *Project*. Dit langetermijnperspectief moest meegenomen worden 'bij alle gerechtvaardigde zorg voor het zoveel mogelijk handhaven van de werkgelegenheid en van Nederlands industriële positie'.¹²² De boodschap was dat er in ieder geval niet moest worden afgewacht of afgeremd. Nederland moest aan de slag. De redactie sloot zich geheel aan bij het voorstel van de commissie-Rathenau om tot de oprichting van een centrum voor micro-elektronica te komen. Dat centrum moest de kennis op het gebied van de computer- en informatietechnologie gaan bundelen en de Nederlandse industrie helpen met het invoeren van de nieuwe technologie.¹²³

Het lukte echter niet om tot één centrum te komen. Aan alle drie de steden met een technische universiteit (Delft, Eindhoven en Enschede) werd in 1982 een Centrum voor Micro-Elektronica (CME) verbonden. Het CME in Delft kwam onder de Hoofdgroep Technisch Wetenschappelijke Diensten van TNO te staan.¹²⁴ Al het jaar daarvoor had de raad van bestuur van TNO de wens uitgesproken om binnen TNO tot een concentratie van het werk op het gebied van de micro-elektronica te komen. Met name de Technisch Fysische Dienst had hierop enkele initiatieven naar zich toe getrokken en voorbereidingen getroffen om elektrotechnici van andere TNO-instituten naar zich toe te halen. Bovendien was men met de Technische Universiteit Delft het gesprek aangegaan over de oprichting van een Centrum voor Submicron-technologie, in de lijn van het Rathenau-rapport.¹²⁵ In zijn pleidooi om een dergelijk nationaal centrum in Delft te vestigen, verwees de Technische Universiteit naar de contacten met TNO.¹²⁶ Uiteindelijk zou de combinatie TNO-TUD dus een CME opleveren, zij het voorlopig niet hét nationale instituut.¹²⁷

Uit een onderzoek in opdracht van het weekblad *de Automatisering* omstreeks 1985 naar de mate van automatisering van het Nederlandse bedrijfsleven, bleek dat 'de meeste bedrijven zijn blijven steken bij de automatisering van de financiële administratie'.¹²⁸ Computer Aided Design (CAD, ofwel het ontwerpen van producten met computers) en Computer Aided Manufacturing (CAM, ofwel het automatiseren van het productieproces met inzet van computers) vonden bij bedrijven met 50 tot 1000 werknemers in de elektrotechnische en metaalsector nog maar beperkt plaats. Het bleek voor middelgrote bedrijven moeilijk te zijn om kennis over automatisering van de productie te krijgen. Nederland beschikte wel over honderden 'softwarehouses' die zich op administratieve automatisering richtten, maar over slechts enkele die dat op industriële automatisering deden.¹²⁹ Hier zag TNO kansen.

De kennis van materialen en productieprocessen binnen TNO in combinatie met de informatietechnologie werd halverwege de jaren tachtig in het middellangetermijnplan van TNO naar voren geschoven als speerpunt van onderzoek. Vooral op het gebied van CAD/CAM-technieken, maar ook in computersimulatie, wilde TNO gaan investeren. Hiertoe richtte TNO in Delft in 1986 het Instituut voor Toegepaste Informatica (ITI) op.

De wetenschappelijke computeractiviteiten werden gescheiden van de intern gerichte administratieve. Het Instituut TNO voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek (IWIS-TNO) werd opgeheven.¹³⁰ Doel van het ITI werd onder andere 'de ontwikkeling van (geavanceerde) informatietechnologische systemen voor bedrijfsleven en overheid met een sterke nadruk op de koppeling van de informatietechnologie van het ITI aan de materiekennis van de andere TNO-instituten'.¹³¹

Als uitvloeisel van de uitbreiding van het onderzoek op het gebied van de informatietechnologie intensiverde TNO midden jaren tachtig de samenwerking met de technische universiteiten van Delft en Eindhoven. Met Eindhoven werd het Instituut Informatietechnologie voor Productieautomatisering TUE-TNO opgericht. Het instituut hield zich bezig met CAD/CAM-integratie, sensorgestuurde robots, procesdiagnostiek, simulatie, productiebeheersing en logistiek. Nagenoeg tegelijkertijd werd het CAD-centrum TNO geopend. Hierin werkte TNO samen met de Technische Universiteit Delft en enkele andere partners.¹³² Het CAD-centrum TNO ging fungeren als het Praktijk Trainingscentrum voor Product vernieuwing in het kader van het Nationaal Inhaalprogramma Informatica Opleidingen van het ministerie van Economische Zaken. Naast opleiding en training zouden ook voorlichting en demonstraties tot de taken van het centrum gaan behoren. Uiteindelijk was het de bedoeling, aldus directeur A. Scheepmaker, dat het centrum ging functioneren 'als platform waar specialisten op CAD/CAM-gebied, komend uit een veelheid van bedrijven en instituten, met elkaar van gedachten kunnen wisselen en hun ideeën wederzijds kunnen toetsen'.¹³³

Begin jaren negentig kon het CAD-centrum TNO aan bedrijven de mogelijkheid bieden om naast ontwerptekeningen ook polymere 3D-modellen van proefmatrijzen ('soft-tools') of prototypen ('rapid prototyping') te laten vervaardigen. In de 'modellering jobshop' werden CAD-technieken gecombineerd met stereolithografie, waarmee TNO de nodige ervaring had opgedaan.¹³⁴

Door deze en andere initiatieven durfde TNO zich omstreeks 1990 op het gebied van de toegepaste informatietechnologie een 'centre of excellence' te noemen. Om dit verder te kunnen uitbouwen, besloot TNO haar krachten voortvarend te bundelen en strategische allianties aan te gaan. Men lonkte openlijk naar PTT Telecom en startte een nieuw programma voor informatietechnologie, telecommunicatie en telematica (IT&T). Dit programma moest dwarsverbanden leggen tussen de expertise bij de verschillende hoofdgroepen, 'waardoor TNO zich aan de markt kan presenteren als een organisatie waar men een totaal-oplossing kan halen ... niet de simpele off-the-shelf oplossing waarvoor je naar een softwarebureau gaat, maar de meer complexe projecten-oplossing'. Voor IT&T werden negen speerpunten gedefinieerd, waaronder Human Factors Engineering, Verkeer en Transport, Training en Simulatie.¹³⁵

TNO presenteerde haar brede expertise aan de internationale markt op de Hannover Messe in 1993. Op deze vooraanstaande industriebeurs demonstreerde zij, onder de gezamenlijke noemer IT&T, bijvoorbeeld DIANA voor de bouwwereld, MADYMO voor de autobranche, TASTE voor het ontwerpen en inrichten van logistieke ketens, de robotarm MANUS en het *virtual reality*-onderzoek ten behoeve van de ruimtevaart en defensie.¹³⁶ Door deze en andere TNO-producten aan te bieden onder de gemeenschappelijke paraplu van TNO IT&T, wilde men de markt duidelijk maken dat de informatie- en communicatietechnologie bij TNO niet langer bestond uit losstaand, sectoraal geïnspireerd onderzoek. De organisatie benaderde dergelijke technologie integraal. Dat bleek eveneens uit haar toonaangevende, beleidsmatige studies.¹³⁷ Op deze wijze kon zij haar klanten beter bedienen én was zij beter toegerust op de nieuwe fase in de ict-revolutie, waarin de informatie- en communicatietechnologie steeds meer vervlochten raakten.

TNO had zich tot een krachtige partij op ict-gebied ontwikkeld. Dat betekende niet dat zij bij alle initiatieven betrokken was. Zo namen onder andere Philips, IBM Nederland, KPN en het ministerie van Economische Zaken in 1990 het initiatief tot het Telematics Research Centre. TNO had daarin geen inbreng.¹³⁸ Dit centrum kreeg in 1997 een vervolg in een belangrijk regieorgaan, het Topinstituut Telematica, waarin overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen samenwerkten. Gezien het overheidsbeleid om voor de coördinatie van het onderzoek in Nederland aparte organen in het leven te roepen, gebeurde dat ook hier. TNO had daardoor maar een beperkte coördinatierol op ict-gebied.

Wel bleef TNO zich als uitvoerende onderzoeksorganisatie versterken. Een belangrijke mijlpaal was het overdragen van de researchactiviteiten van KPN. KPN besloot zijn researchafdeling af te stoten. Dat gebeurde in een periode dat AT&T en Lucent Nederland verlieten, waardoor ruim duizend onderzoeksplaatsen op ict-gebied werden opgeheven. Economische Zaken greep daarop in. Overleg tussen KPN, TNO en Economische Zaken leidde tot de overdracht van de KPN-research.¹³⁹ Daarmee kon ict uitgroeien tot een van de zeven hoofdthema's van TNO, namelijk het hoofdthema Informatiemaatschappij.

TNO EN MODERNISERING

Tot in de jaren zeventig was TNO een onderzoeksorganisatie die een groot deel van de industriële bedrijvigheid van Nederland bestreek. Men zag dat terug in de organisatiestructuur, met branchegerichte instituten onder de gemeenschappelijke paraplu van de Nijverheidsorganisatie TNO, de grootste poot van TNO. Het is typerend voor de huidige situatie dat de term 'industrie' nog slechts in één van de zeven hoofdthema's van TNO herkenbaar terugkomt, namelijk in het hoofdthema Industriële Innovatie. Typerend is ook de koppeling met 'innovatie'. Niet onderzoek of testen staat centraal, maar innovatie. Overigens is Industriële Innovatie na Integrale Veiligheid (waaronder Defensie) het thema met de meeste omzet.

De focus gaat bij Industriële Innovatie uit naar olie en gas en dat deel van de industrie dat technologisch hoogwaardige systemen en materialen produceert. Dat betekent overigens niet dat TNO alleen voor deze sectoren van de Nederlandse industrie werkt. Ook in de andere hoofdthema's wordt onderzoek verricht voor industriële sectoren, bijvoorbeeld voor de automobiellindustrie en de bouwnijverheid. De gerichtheid van TNO op de industrie is echter minder geworden.

Daarnaast is de relatie met de Nederlandse industrie veranderd. Vroeger voerde TNO de regie over de collectieve research voor de industrie, nu zijn het ondernemingen die individueel TNO benaderen met hun specifieke researchwensen. Ondernemingen met een eigen 'innovatiepotentieel', meestal (maar niet altijd) de grotere bedrijven met eigen researchfaciliteiten, vormen de grote klanten van TNO. Het is de markt waar TNO zich ook graag op richt. De ondernemingen zijn ontvankelijk voor innovaties en voor TNO-kennis. TNO houdt zo ook contact met het front van de technologische en industriële ontwikkeling.

ASML is momenteel de grootste klant op industrieel gebied. TNO ondersteunt het bedrijf bij de ontwikkeling van nieuwe productiemachines voor de halfgeleidertechnologie (zie hoofdstuk 6). Philips en DSM zien TNO bijdragen leveren aan geavanceerde productieapparatuur en nieuwe materialen. Tot de grote klanten in de autotechnologie behoren autofabrikanten als Paccar (voormalig DAF), BMW, Volkswagen en Toyota (zie hoofdstuk 7). Zij zijn onder andere geïnteresseerd in de kennis over veiligheid (de stabiliteit van auto's bij remmen, nat wegdek, in bochten etc.) die TNO heeft opgebouwd. In de chemie zijn bedrijven als Shell en Statoil geïnteresseerd in biobrandstoffen en instrumentatie voor de opsporing van kleine olie- en gasvelden.

TNO als organisatie voor industriële contractresearch richt zich vooral op de

'koplopers' in innovatieprocessen, dat wil zeggen op bedrijven met een pioniersrol in kennisontwikkeling of in het gebruik van de meest geavanceerde kennis, instrumenten en modellen. Deze bedrijven schakelen TNO in op die terreinen waarop TNO specialistische en hoogwaardige kennis bezit. Het brede kennisaanbod van TNO op industrieel gebied is daarom in de loop der jaren vervangen door een beperkt aantal strategisch gekozen kennisdomeinen waarop de organisatie wil excelleren. Dat heeft ook te maken met het overheidsbeleid, dat inzette op 'focus en massa' van het onderzoek in Nederland. Een voorbeeld is de geavanceerde fabricagetechniek waarmee precieze bewerking op microschaal van kunststof materialen mogelijk is. Dit type research is tegenwoordig niet alleen specifiek in de zin dat zij op specifieke behoeften van 'koplopers' gericht is, maar ook omdat er voor specifieke researchterreinen gekozen is.

Dit doet de vraag rijzen naar de relatie tot het midden- en kleinbedrijf. Onder de 'koplopers' bevinden zich nogal wat bedrijven uit deze categorie. Maar het midden- en kleinbedrijf is aanzienlijk groter. Vroeger was de Nijverheidsorganisatie TNO stevig verankerd in industriële branches, gaf zij uitgebreide voorlichting over de resultaten van haar collectieve research aan alle geïnteresseerde bedrijven en voerde zij voor menig klein bedrijf tests uit. Hoe wordt deze categorie heden ten dage door TNO bediend? Het vraagstuk dringt des te meer omdat een belangrijker deel van de economische groei voor rekening van het midden- en kleinbedrijf is gekomen. De zes grote multinationals die decennialang de Nederlandse economie domineerden, hebben aan belang ingeboet. De relatie van TNO tot kleine en middelgrote bedrijven is het onderwerp van hoofdstuk 21.

Lange tijd was TNO in de eerste plaats een onderzoeksorganisatie voor de industrie. Zo kwam ongeveer de helft van de totale omzet in 1960 van de Nijverheidsorganisatie TNO. De rest was afkomstig van de andere vier organisaties van TNO (zie tabel 2.4) en ook daar zat een flinke portie industriële omzet, bijvoorbeeld bij het voedingsonderzoek. Het onderzoek heeft zich inmiddels verbreed naar andere economische sectoren, met name naar de zakelijke dienstverlening (telecom- en energiesector). Bovendien is TNO zich steeds minder gaan organiseren en profileren rond industriële activiteiten en steeds meer rond technisch-maatschappelijke thema's. In plaats van de nijverheid gaat het nu om hoofdthema's als Industriële Innovatie, Energie, Mobiliteit en Informatiemaatschappij. En in plaats van de nijverheidsinstituten zijn nu de innovatiegebieden van de organisatie zichtbaar gemaakt, zoals Vitale Stedelijke Omgeving, Toekomstig Internetgebruik en Gezonde En Veilige Voeding.

TNO maakt daarmee duidelijk dat zij bijdraagt aan de modernisering in Nederland en niet alleen aan de industrialisatie en economische ontwikkeling. Dat deed zij al van het begin af aan, omdat zij naast nijverheid ook altijd andere sectoren bediende, met name gezondheid, voeding en defensie. Om TNO te evalueren in relatie tot het moderniseringproces, moeten ook deze sectoren aan bod komen. Dat gebeurt in de delen II en III van dit boek.

TNO TER DISCUSSIE: DE COMMISSIE-WIJFFELS

TNO had zich na 1970 ontwikkeld van een collectieve researchorganisatie naar een organisatie voor contractresearch. Zo was dat ook door de overheid bedoeld. Verstomde daarmee de kritiek op TNO vanuit bestuurlijke kringen? Dat blijkt niet het geval. Met name het ministerie van Economische Zaken, de Adviesraad voor Wetenschap en Technologie (AWT, voorheen de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid) en speciale commissies als de commissie-Wijffels bleven hameren op meer marktorientatie en meer nadruk op innovaties bij TNO. Vanwaar dit volharden in een kritische houding? Immers, een organisatie voor contractresearch is toch per definitie marktgericht?

Twee thema's speelden bij dit debat vooral een rol: de verhouding van TNO tot de ministeries en de zogenaamde innovatieparadox.

Weliswaar vond een groot deel van het TNO-onderzoek plaats op basis van contracten, maar voor ongeveer een derde deel bleef TNO afhankelijk van overheidssubsidies. Wie had daar de zeggenschap over? Het was een vraag die al bij de oprichting van TNO speelde. Zij werd aanvankelijk beantwoord in termen van een collectieve zeggenschap van belanghebbende partijen. Na 1980 kwam er een onderscheid in een basissubsidie, waarover TNO de zeggenschap behield, en een doelsubsidie, waarover de zeggenschap in belangrijke mate in handen van de ministeries kwam.

De AWT wierp zich op als een scherpere criticaster van de overheidssubsidies voor TNO. In een advies over de relatie tussen TNO en de overheid uit 1995 onderstreepte de AWT nog maar eens het belang van sturing van het onderzoek door het bedrijfsleven.¹⁴⁰ Geen *technology push*, maar *market pull*. In plaats van TNO moesten bedrijven worden gesubsidieerd; bedrijven wisten immers het beste waar ze behoefte aan hadden en hoe het geld moest worden ingezet. Alleen indien een marktvraag ontbrak en kennisontwikkeling vanuit een langetermijnperspectief toch gewenst was, zou er voor de overheid een argument zijn om strategisch onderzoek te financieren.

De AWT meende dat TNO een te centrale plaats voor zichzelf claimde. TNO moest die plaats maar zien te veroveren in de concurrentiestrijd met andere publieke en private kennisproducenten. Het zou verstandig zijn indien het ministerie van Economische Zaken zijn doelsubsidie gebruikte voor subsidies aan bedrijven die strategisch onderzoek in de Nederlandse kennisinfrastructuur uitzetten. TNO zou dan een van de kennisaanbieders kunnen zijn. Vakministeries moesten hun eigen strategisch onderzoeksprogramma formuleren. Bij de uitvoering daarvan zou TNO een van de gegadigden kunnen zijn. Alleen de basissubsidie kon TNO gebruiken voor een strategisch plan, dat in overleg met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen moest worden goedgekeurd.

Nog geen tien jaar later verscheen er weer een rapport met kritische kanttekeningen over TNO. Ditmaal was het de beurt aan de commissie-Wijffels, die overigens ook de Grote Technologische Instituten (GTI's), zoals het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), onder de loep nam.¹⁴¹ De commissie trachtte tot een oordeel over TNO te komen op het niveau van de overkoepelende organisatie. De commissie was bezorgd 'over de effectiviteit van de TNO-bijdrage aan de innovatiekracht van Nederland'. Het betrof 'het volume en de effectiviteit van kennisoverdracht en de interactie richting zowel de universiteiten als het bedrijfsleven (en met name het midden- en kleinbedrijf)'. Verder had de commissie de indruk dat '... de toegevoegde waarde van de vijf kerngebieden, de effectiviteit van de interne processen, de effecten van de integrale programmatische aansturing en de door TNO geleverde maatschappelijke en economische meerwaarde voor flinke verbetering vatbaar zijn'.¹⁴² Voorts concludeerde zij dat voor TNO 'rollen als coördinatiepunt voor een nationale kennisalliantie of als koepelorganisatie waarin huidige GTI's een plaats kunnen vinden, vooralsnog te hoog gegrepen zijn'.

De commissie baseerde zich wat betreft TNO vooral op de 'meningen van belanghebbenden over het huidige en gewenste functioneren ...'. De vraag is echter of dat meer iets zegt over het imago van TNO in bepaalde bestuurlijke kringen, dan over het feitelijk functioneren ervan. Blijkbaar was dat imago niet goed. De commissie maakte bijvoorbeeld geen gebruik van de rapporten waarin externe commissies de circa 80 expertisegroepen van TNO evalueerden, en ook niet van andere rapporten waarin de effecten van TNO-programma's werden geanalyseerd.

Indien de commissie dieper op TNO zou zijn ingegaan, dan was zij direct op de complexiteit van de organisatie gestuit. Zij had dan ook antwoord moeten geven op de vraag: 'Hoe moet TNO worden geëvalueerd?' Als een kennisorganisatie die overheidsfinanciering ontvangt (circa 33% van de omzet in 2008), als een organisatie voor contractresearch (55% van de omzet) of als een organisatie die inkomsten genereert uit eigen bedrijven (15%)? Men kan TNO ook beoordelen als het eigen laboratorium van het ministerie van Defensie, als een belangrijk onderzoeksinstituut voor het bedrijf ASML of als deelnemer in een internationaal consortium rond SCIAMACHY (een instrument voor atmosfeeronderzoek) et cetera.

De commissie-Wijffels stelde onder andere voor om de basis- en doelsubsidies anders in te richten. Instituten als TNO leveren twee soorten kennis, aldus de commissie, namelijk 'kennis als product' en 'kennis als vermogen'. In het eerste geval ging het om opdrachten vanuit de private en publieke sector in de vorm van contract- en projectresearch. Dat was het vertrouwde domein van TNO. In het tweede geval ging het om research die de overheid, het bedrijfsleven en de instituten samen voor de toekomst noodzakelijk achtten. Het tweede type research vereiste aansturing door 'stakeholders als bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties' samen met kennisorganisaties als TNO.

De basis- en doelsubsidies van TNO zijn omgezet in het programma Kennis als Vermogen en in Vraaggestuurde Programmering.¹⁴³ De opzet van deze vraaggestuurde programmering lijkt in een aantal opzichten op de financieringsvorm van de collectieve research van TNO uit de jaren vijftig en zestig, maar dan zonder de regie van TNO. De historische cirkelbeweging is daarmee deels weer voltooid.

Wat is het effect geweest van de commissie-Wijffels op het functioneren van TNO? Voordat wij die vraag echter kunnen behandelen, moeten wij eerst de andere onderdelen van TNO beschouwen, met name het voedings-, gezondheids- en defensieonderzoek. In de epiloog zullen wij dan op de kwestie terugkomen (zie hoofdstuk 19 en 20).

Het rapport van de commissie-Wijffels is in zekere zin een politiek pamflet. Het uitgangspunt is - zoals de commissie zelf aangeeft - de innovatieparadox.

Sinds de jaren zeventig is het kernidee van het wetenschaps- en technologiebeleid in Nederland dat het bedrijfsleven maximaal moet profiteren van het onderzoek in Nederland. Het bedrijfsleven kan niet langer meer op basis van arbeid concurreren, maar wel op basis van kennis en het moet dus innoveren om te overleven in de internationale concurrentiestrijd. In de jaren negentig wordt ook op Europees niveau 'innovatie' als thema op de politieke agenda gezet. De Europese Unie formuleert in 2000 haar Lissabon-ambitie, het verlangen om van Europa de meest concurrerende en dynamische kenniseconomie ter wereld te maken.¹⁴⁴ Deze ambitie heeft onder andere tot gevolg dat er kwantitatieve indicatoren voor innovatie, zoals de uitgaven voor onderzoek, beschikbaar zijn gekomen. Het beeld dat die indicatoren voor Nederland schetsen is niet rooskleurig, althans volgens het ministerie van Economische Zaken en veel andere betrokkenen. Nederland produceert veel kennis van topkwaliteit, maar het bedrijfsleven innoveert weinig; het schort aan een juiste toepassing van die kennis. Daarmee doet de 'innovatieparadox' zijn intrede.¹⁴⁵

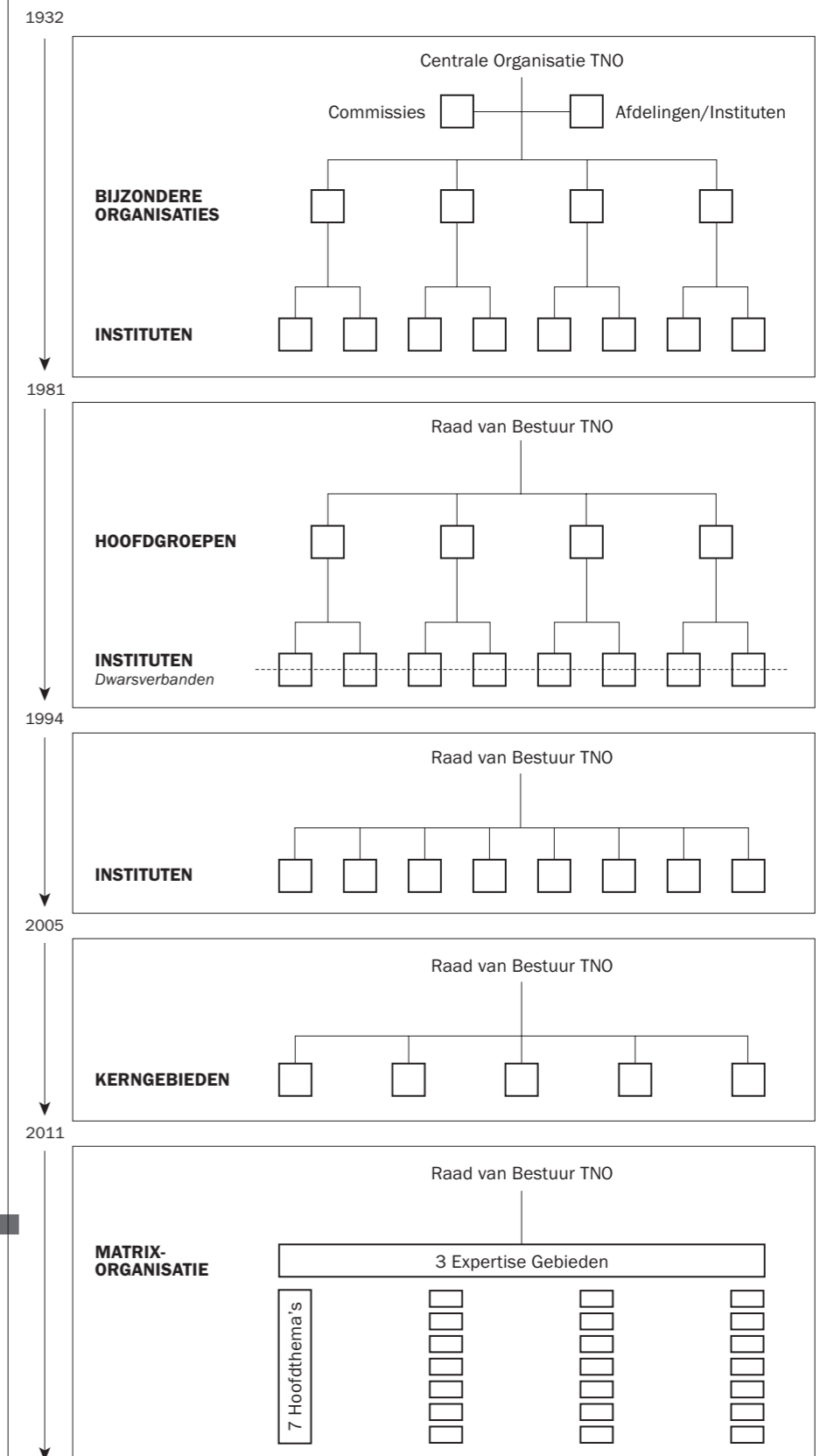
Kennisorganisaties worden voortdurend op deze kwestie aangesproken. Daarbij gaat het met name over het verkennend onderzoek. De terugkerende vraag is: Wat is de toegevoegde waarde van dit soort onderzoek? Wat is het economisch nut? In hoofdstuk 20 gaan wij daar dieper op in.

Voordat wij aan die vraag toekomen, behandelen wij in dit deel eerst nog twee specifieke

thema's van het industrieel onderzoek: onderzoek naar voertuigen en *hightech* systemen. Vervolgens komen het voedings- en het gezondheidsonderzoek in deel II aan de orde en het defensieonderzoek in deel III.

Harry Lintsen, met bijdragen van Arjan van Rooij en Eric Berkers

Schema 5.1: De ontwikkelingen van de organisatiestructuur van TNO



6. HIGHTECH SYSTEMEN

Hightech Systemen is een belangrijk innovatiegebied van TNO. De omzet die ermee gemoeid is, behoort tot de grootste van alle onderdelen van TNO: meer dan veertig miljoen euro op een totale omzet van circa 570 miljoen euro in 2006. De onderzoekers houden zich bezig met het ontwerpen en bouwen van instrumenten en andere apparatuur voor de halfgeleiderindustrie, de ruimtevaartindustrie, de medische industrie, de maakindustrie, de microtechnologie en de bloemen- en voedingsindustrie. Zij ontwikkelen onder andere machines om bloembollen te oogsten, inrichtingen voor haringrokerijen, uiteenlopende inspectie-instrumenten en onderdelen voor satellieten en steppers - de machines waarmee microchips worden gemaakt. Tot de opdrachtgevers behoren onder meer ASML, verreweg de grootste klant van dit innovatiegebied, de gemeente Den Haag, de European Space Agency (ESA), het European Southern Observatory (ESO) en Dutch Space. Voor het leeuwendeel betreft het grote organisaties, hoewel ook middelgrote en kleine bedrijven de technologie van de groep afnemen. De activiteiten op deze uiteenlopende terreinen worden mogelijk gemaakt door de deskundigheid van onderzoekers in disciplines als instrumentenbouw, optiek, mechanica en elektronica.

De term 'hightech systemen' geeft aan dat het onderzoek aan geavanceerde apparatuur betreft. In de hedendaagse TNO-organisatie is het een van de 20 innovatiegebieden (zie tabel 1.1). Daarvoor was het ondergebracht in de Business Unit Advanced Precision and Production Equipment en in het verre verleden ging het om de Technisch Fysische Dienst TNO-TH, die wij hier zullen afkorten met TPD. Het overgrote deel van de activiteiten die nu plaatsvinden binnen dit innovatiegebied, gebeurde voorheen onder de vlag van de TPD. De TPD hield zich echter met een breder scala aan activiteiten bezig. Medewerkers van dit instituut verrichtten bijvoorbeeld decennialang ook onderzoek naar geluid en warmte, glas en fijnkeramiek.

Het onderzoek van de TPD vormt een goede illustratie van de uiteenlopende manieren waarop TNO'ers hun kennis en vaardigheden aan andere partijen sleten, zowel binnen door de overheid gefinancierde programma's als in rechtstreeks contact met marktpartijen. De TPD stond bij beleidsmakers bekend als een centrum van 'fundamenteel' onderzoek. De dienst was zonder twijfel stevig geworteld in natuurkundige, werktuigbouwkundige en chemische disciplines als materiaalkennis, optica en instrumentenbouw. Dit is echter slechts het halve verhaal. Gedurende zijn hele bestaan streefde de dienst ernaar om dergelijke kennis praktisch toe te passen op een veelheid van terreinen. Ook Hightech Systemen heeft een dergelijk dubbel karakter. Het onderzoek eraan is gebaseerd op hoogwaardige kennis, die breed wordt toegepast.

Het eerste deel van dit hoofdstuk belicht het ontstaan en de ontwikkeling van het onderzoek dat nu tot het innovatiegebied Hightech Systemen behoort. Officieel heet het gebied Hightech Systemen en Materialen, maar gezien de door ons behandelde stof houden wij hier de verkorte naam aan. Het tweede en derde deel van dit hoofdstuk behandelt onderzoeksprojecten rond sensoren voor ruimtevaartinstrumentatie en productieapparatuur voor chips.

DE VOORGESCHIEDENIS

Zoals gezegd, vond het overgrote deel van de activiteiten van Hightech Systemen eerder plaats binnen de TPD (in Delft). De dienst was in 1941 opgericht. De initiatiefnemers wilden met de TPD een schakel creëren tussen de Technische Hogeschool Delft (nu: Technische Universiteit Delft) en het bedrijfsleven, tussen wetenschap en onderwijs aan de ene kant en toepassing van de op de universiteit opgebouwde kennis aan de andere. De dienst was bedoeld als het opdrachtenbureau van de toenmalige afdeling der Technische Natuurkunde.

Deze afdeling, in 1930 opgericht als het laboratorium voor de Technische Physica,

was ook al een poging om een brug te slaan tussen de academische wetenschap en de industrie. De start van het laboratorium kan op één lijn worden geplaatst met de oprichting van het Philips Natuurkundig Laboratorium, het Shell-laboratorium en andere industriële laboratoria. Niet toevallig waren Philips en de Bataafsche Petroleum Maatschappij (BPM, het latere Shell) de grote pleitbezorgers voor dit laboratorium. Technische natuurkunde - een discipline die sterk in opkomst was - moest een kennisbron voor de industrie worden.¹⁴⁶ Verscheidene medewerkers van het Philips Natuurkundig Laboratorium werden hoogleraar aan de afdeling Technische Natuurkunde, onder wie H.B. Dorgelo en C. Zwikker. De hoofdtaak van de afdeling was de opleiding van natuurkundig ingenieurs. Al snel na de oprichting bleek de afdeling ook veelvuldig door de industrie te worden benaderd voor werkzaamheden van uiteenlopende aard, variërend van het ijken van instrumenten en het geven van adviezen tot het verrichten van onderzoek. De verzoeken waren vooral ingegeven door de apparatuur waarover de afdeling beschikte. De opdrachten werden door assistenten uitgevoerd.

Al snel was men genoodzaakt voor de proeven en tests extra personeel aan te stellen.

De opdrachtenstroom stimuleerde drie hoogleraren aan de afdeling, de eerdergenoemde Dorgelo en Zwikker plus E.C. Wiersma, om in 1937 een voorstel te doen voor de oprichting van een aparte organisatie voor het uitvoeren van dit opdrachtwerk. Na overleg tussen deze initiatiefnemers, het bestuur van de Centrale Organisatie TNO en de curatoren van de Technische Hogeschool stemde het ministerie van Onderwijs uiteindelijk in met de stichting van een dergelijk instituut, op voorwaarde dat het onder de vlag van TNO werd geplaatst. De TPD begon in september 1941 officieel met zijn werkzaamheden.

De naamgeving van de nieuwe organisatie, 'Technisch Fysische Dienst TNO-TH', gaf aan dat deze was bedoeld als schakel tussen de afdeling Technische Natuurkunde van de Technische Hogeschool en de buitenwereld. De wetenschappelijke staf van de TPD zou grotendeels bestaan uit medewerkers die in het belendende laboratorium hun opleiding hadden genoten. De hoogleraren van de afdeling Technische Natuurkunde vormden het bestuur van het instituut. In 1966 werd dit college omgevormd tot Wetenschappelijke Raad. Ook de huisvesting van de TPD in de gebouwen van Technische Natuurkunde weerspiegelde de nauwe band tussen beide instellingen. Aanvankelijk zat de TPD in ruimten van het oude laboratorium van Technische Natuurkunde. Vanaf het begin van de jaren zestig had de TPD een eigen vleugel in de nieuwbouw die de afdeling en de TPD gezamenlijk op het terrein van de Technische Hogeschool in de Delftse Zuidpolder betrokken.

De TPD werd een onderdeel van de Centrale Organisatie TNO, aangezien de TPD niet paste bij de al bestaande TNO-instituten van de Nijverheidsorganisatie TNO en de Voedingsorganisatie TNO. Vertegenwoordigers van de Centrale Organisatie TNO vormden samen met de curatoren van de hogeschool en van het ministerie van Economische Zaken de raad van beheer. Hoogleraar Dorgelo was voorzitter tot hij in 1956 rector magnificus van de Technische Hogeschool Eindhoven werd. Aanvankelijk zat ook de directeur van het Philips Natuurkundig Laboratorium, Gilles Holst, in deze toezichthoudende raad, later zou ook zijn opvolger, Hendrik Casimir, toetreden.

Deze organisatorische constructies zouden in grote lijnen blijven bestaan tot aan het opgaan van de TPD in TNO Industrie en Techniek in 2005. Decennialang zou de TPD financiële steun krijgen van de Technische Hogeschool Delft en de Centrale Organisatie TNO. Aanvankelijk maakte deze steun een groot deel van het budget uit. Met de groei van het aantal opdrachten vanaf de late jaren veertig werden deze subsidies echter snel minder belangrijk. In 1960 was al meer dan 60% van de omzet van de TPD uit opdrachten afkomstig. In 1980 was dit 80%.

Bij de start kende de TPD elf werknemers. Tijdens de eerste jaren van zijn bestaan was de omvang van de nieuwe dienst bescheiden. Het laboratorium verrichtte onderzoek in opdracht op uiteenlopende terreinen als vitaminen, bouwmaterialen en radio-buizen, 'in het algemeen gebaseerd op ... de mogelijkheden, welke het laboratorium qua outillage onmiddellijk bood', zoals het jaarverslag in 1942 stelde.¹⁴⁷ Het onderzoek werd uitgevoerd door eigen medewerkers en door gastonderzoekers die in dienst van andere bedrijven en instellingen waren. Instellingen als de Geluidsstichting en de Warmtestichting brachten al hun onderzoek organisatorisch bij de TPD onder, andere instellingen hielden hun onderzoek zelfstandig. Het grootste contingent externe onderzoekers was afkomstig van Shell. Tot ver in de jaren vijftig werkten er jaarlijks meer dan tien onderzoekers van deze oliemaatschappij bij de TPD. De grenzen van het laboratorium waren niet hard. De verslagen tonen een breed scala aan onderzoeks-instituten waarmee de TPD samenwerkte. Zo had de dienst intensieve contacten met de Warmtestichting, het Kankerinstituut, de KEMA, het Röntgeninstituut, diverse universitaire laboratoria in en buiten Delft en met andere TNO-instituten. Vanaf de oprichting was de TPD een onderzoeksinstelling met een breed waaierend netwerk tot in het buitenland. Zo werden er in de tweede helft van de jaren veertig bij de opbouw van de afdeling Electroscopie veelvuldige buitenlandse oriëntatierizen gemaakt en vond in 1948 in het lab een internationaal optisch congres plaats.

De kern van de activiteiten lag aanvankelijk op het gebied van warmtegeleiding, geluid, elektronenmicroscopen en röntgen - niet toevallig terreinen waarop de afdeling Technische Natuurkunde sterk was. De groepsindeling van de TPD weerspiegelde de leerstoelen aan de Technische Hogeschool. Daarnaast voerde de organisatie een grote hoeveelheid uiteenlopend onderzoek van andere aard uit. Zo deed de TPD in 1948 onder andere onderzoek naar elektrisch broodbakken, het construeren van nieuwe typen kompassen en het erosiebestendig maken van scheepsschroeven. De keuze voor de onderwerpen lijkt toevallig. Deze onderwerpen kwamen tot stand op basis van de bestaande contacten.

Met de groei van het aantal hoogleraren aan de afdeling werden telkens nieuwe, gespecialiseerde groepen opgericht. Een groep 'Algemeen' huisvestte een restcategorie. In 1950 telde de organisatie dertien afdelingen: elektronenmicroscopen, röntgen, optiek, theorie, akoestiek, glas, glazuur, warmte, fysische technologie, algemeen, elektronica, landmeetkunde en fotogrammen. De laatste afdeling was op dat moment net opgezet. Aangezien de ene groep veel meer opdrachten verwierf dan de andere, zou in de volgende jaren de groepsindeling diverse keren worden aangepast. Oude groepen verdwenen en met de opkomst van nieuwe terreinen kwamen er nieuwe eenheden op.

De hoeveelheid personeel nam in de late jaren veertig snel in omvang toe. Eind 1945 had de TPD twintig personen in dienst. Vijf jaar later telde de staf al 60 medewerkers. De medewerkers waren hooggekwalificeerd; een derde deel was academisch gevormd.

De TPD kreeg opdrachten uit vele geledingen van de samenleving, maar het grootste deel was afkomstig van andere TNO-instituten en een beperkt aantal grote industriële klanten, zoals Shell en Philips.¹⁴⁸ In de loop van de jaren vijftig groeiden ook de Koninklijke Luchtmacht, de Koninklijke Marine en de Rijkswaterstaat uit tot belangrijke opdrachtgevers. Daarnaast voerde de TPD werkzaamheden uit voor kleinere bedrijven en instellingen als de Leidse brood- en meelfabriek 'De Sleutels' en het Verbond van Baksteenfabrikanten. Hoewel de TPD vooral was opgezet met de industrie in het vizier, waren niet-industriële instellingen eveneens belangrijke opdrachtgevers. In de jaren vijftig en zestig was ongeveer de helft van de opdrachten afkomstig van de industrie, de andere helft kwam van overheidsdiensten en van TNO-instituten.

GELUID

Geluid was voor de TPD vanaf de oprichting in 1942 een voornaam onderzoeksterrein. Het instituut zette het afdelingswerk voort dat eerder in de 'loonmeetdienst' was gedaan, in opdracht van de Geluidstichting. Het op de afdeling verrichtte onderzoek naar geluids-absorptie liep internationaal gezien voorop. De afdeling Geluid verrichtte haar metingen deels in het eigen laboratorium en deels op locatie. Zo werd er voor onderzoek naar geluidsisolatie gewerkt met de zogenaamde kistenmethode om de geluidsdoorgifte van een vloer of wand te meten.¹⁴⁹

De bouwnijverheid was een belangrijke klant. Dit startte in de oorlogsjaren en zou tijdens de wederopbouw een grote vlucht nemen. Zo verrichtte de TPD een grootscheeps onderzoek in opdracht van de stichting Ratiobouw naar de akoestische consequenties van de toepassing van systeembouw - een nieuw verschijnsel in de naoorlogse periode. In Rotterdam werden voor dit doel proefwoningen gebouwd. Voor dergelijk werk op locatie schafte het instituut onder andere een meetwagen en taperecorders aan. Daarnaast verrichtte het metingen in opdracht van ziekenhuizen en assisteerde het bij het ontwerp van geluidsdichte medische onderzoekskamers.

In het begin van de jaren vijftig startte het instituut ook onderzoek naar zaal-akoestiek. De TPD deed onderzoek voor schouwburgen, kerken en andere openbare gebouwen die in de naoorlogse periode massaal verzezen. De TPD mat de kwaliteit van het geluid en gaf adviezen om de akoestiek te verbeteren. Zo was de dienst onder meer betrokken bij de inrichting van de Aula-collegezaal in Delft, het Auditorium in Eindhoven en het Circustheater in Scheveningen. Een grote opdracht was het geluids-onderzoek ten bate van het nieuwe Rotterdamse concert- en congrescentrum De Doelen, dat maar liefst tien jaar in beslag nam. Het onderzoek dat de dienst verrichtte naar de geluidshinder van motoren in passagiersschepen, was een al oudere activiteit. Nieuw echter waren de metingen die de dienst uitvoerde in opdracht van de Nederlandse Spoorwegen naar het geluidsniveau in rijtuigen, en het onderzoek naar geluidsoverlast bij de Hoogovens en in textiel fabrieken en andere bedrijven.

De naoorlogse verkeerskundige ontwikkelingen zorgden voor een nieuwe stroom opdrachten voor de TPD. In de loop van de jaren vijftig voerde de dienst verscheidene onderzoeksprojecten uit naar de geluidsoverlast die door het gemotoriseerd verkeer werd veroorzaakt, terwijl de afdeling Geluid ook bromfietsen doormat. De opkomst van de straalmotor zorgde eveneens voor een stroom akoestisch onderzoekswerk. In het begin van de jaren vijftig verrichtte de TPD voor de luchtmacht metingen naar het geluidsniveau van de straalmotoren, die op dat moment hun intrede deden. In 1958 zou de afdeling in opdracht van de luchthaven Schiphol ook een groot onderzoek uitvoeren naar de gevolgen van de toepassing van straalvliegtuigen voor de burgerluchtvaart, de hiermee samenhangende verwachte toename van het luchtverkeer en de uitbreiding van de luchthaven.¹⁵⁰ Niet al het onderzoek leidde tot de gewenste resultaten. Zo constateerde het instituut in de tweede helft van de jaren vijftig verheugd dat fabrikanten steeds meer doordrongen waren van de noodzakelijkheid om het geluidsniveau in productiehallen terug te dringen, maar ook dat in de woningbouw de belangstelling voor de geluidstechnische consequenties van systeembouw afnam, ondanks de massale toepassing ervan.

OPTICA

Een andere constante in het activiteitenprogramma van de TPD was het optisch opdrachtwerk. Aan de Technische Hogeschool was optisch onderzoek onder prof. A.C.S. van Heel een vooraanstaand terrein. Van Heel zette ook het optisch werk van de TPD op poten. Aanvankelijk was de TNO Rijksverdedigingsorganisatie een voorname opdracht-

gever. De TPD-onderzoekers hielden zich onder meer bezig met het ontwikkelen van nieuwe optische communicatiemiddelen en met infraroodkijkers. Daarnaast behoorde het uitlijnen van assen van scheepsschroeven en de ontwikkeling van camera's en andere meetinstrumenten om fabricageprocessen te controleren tot hun takenpakket, net als het ontwikkelen van optische rekenmachines.¹⁵¹ Vanaf 1964 zou de afdeling ook lasertechnieken voor deze activiteiten inzetten. Een andere nieuwe techniek uit dezelfde periode die de afdeling ontwikkelde, was holografie. De TPD zou deze techniek onder meer gebruiken voor het ontwikkelen van systemen om bankbiljetten te inspecteren; dit gebeurde in opdracht van Joh. Enschedé en De Nederlandsche Bank. Tot in de jaren negentig zou dit een voorname activiteit zijn.

ELEKTRONENMICROSCOOP

Een van de paradepaardjes van de TPD was de ontwikkeling van elektronenmicroscopen. Hiermee timmerde de dienst ook internationaal aan de weg. De jaarverslagen uit de jaren vijftig en zestig vermeldden dit onderzoek altijd als eerste van alle activiteiten. Veertig jaar lang was het een belangrijke onderzoekspoot in Delft, al bracht bijvoorbeeld de in dezelfde periode als nummer twee genoemde Röntgenafdeling veel meer rapporten uit. In de jaren vijftig en zestig was het aantal rapporten dat deze laatste afdeling afleverde, het grootst van alle TPD-afdelingen. In menig jaar maakte het aantal rapporten van deze afdeling meer dan de helft van de totale TPD-productie aan rapporten uit.¹⁵² De TPD wendde de Röntgentechniek aan voor een groot aantal uiteenlopende toepassingen.

Elektronenmicroscopie was achteraf gezien een belangrijke bouwsteen voor de totstandkoming van het onderzoeksterrein 'Hightech systemen'. Elektronenmicroscopen worden gebruikt om met elektronen objecten sterk vergroot af te beelden. Het grote verschil van een dergelijke elektronenmicroscopie met de gewone lichtmicroscopen is de veel kleinere golflengte (minder dan 0,1 nm) van de gebruikte elektronen dan die van de fotonen in lichtmicroscopen. Zo wordt het mogelijk om de resolutie van de afbeelding te vergroten. Wel zijn de magnetische lenzen in de elektronen-microscopie veel slechter van kwaliteit dan de optische lenzen in de lichtmicroscopie. De allereerste elektronenmicroscopie werd in 1931 gebouwd door de Duitse natuurkundige Ernst Ruska. In 1933 werd er voor het eerst een elektronenmicroscopie geconstrueerd met een hogere resolutie dan een 'gewone' lichtmicroscopie. In 1986 leverde dit Ruska de Nobelprijs voor Natuurkunde op.

Enkele jaren na Ruska's vinding zou in Delft de basis worden gelegd voor de eerste Nederlandse elektronenmicroscopie. Deze ontwikkeling startte met een bezoek van F.G. Waller - directeur van de Nederlandse Gist- en Spiritusfabriek - aan de firma Siemens in Berlijn. Dit gebeurde in juli 1939. De Delftse hoogleraren Technische Natuurkunde H.B. Dorgelo en A.J. Kluyver (beiden later ook verbonden aan de wetenschappelijke commissie van de TPD) reisden met Waller mee. Dorgelo was overigens samen met collega H. Casimir van het Philips Natuurkundig Laboratorium al in 1932 naar Duitsland gegaan om de elektronenmicroscopie met eigen ogen te zien. De bouw van een dergelijk instrument kostte volgens het prijspeil van eind jaren dertig meer dan 30.000 euro. Waller werkte daarom bij terugkomst in Nederland het idee uit om een stichting in het leven te roepen opdat ook hier een elektronenmicroscopie kon worden gebouwd en geëxploiteerd. Onafhankelijk van Wallers initiatief startte J.B. Le Poole tegelijkertijd - onbekend met het Berlijnse bezoek - zijn afstudeerwerk aan de hogeschool naar de elektronenmicroscopie. Le Poole voltooide zijn eerste microscopie in 1941.

In 1943 leidde dit alles tot de oprichting van een elektronenmicroscopisch instituut,

dat na enkele jaren organisatorisch in de TPD werd geïntegreerd. Naast Wallers Gist- en Spiritusfabriek namen ook Philips, chocoladefabriek Van Houten, de Algemene Kunstzijde Unie (AKU) en Heineken aan de stichting deel. Elk bedrijf doneerde 3000 gulden per jaar. In het najaar van 1944 trad Unilever eveneens toe. Le Poole - inmiddels afgestudeerd - kreeg de technische leiding van het instituut. De wetenschappelijke leiding kwam bij de Delftse hoogleraren Dorgelo en Kluyver te liggen. De eerste jaren verrichtte het instituut onder andere onderzoek naar klei, pigmenten, metalen, gist en verf. In de jaren vijftig maakten ook ziekenhuizen en de zuivelindustrie gebruik van de aanwezige apparatuur.

De elektronenmicroscopie was een zelfbouwapparaat, waarvan de kwaliteit zo goed was dat in de zomer van 1945 ook de BPM toetrad tot de stichting. Tussen 1943 en 1948 werd er bij Philips een 400 kV hoogspanningsmicroscopie geconstrueerd, waarna het apparaat naar Delft kwam. De constructie van deze microscopie was de opmaat tot het bouwen van dergelijke instrumenten voor derden door medewerkers in Delft. Zo werden er in de jaren vijftig in opdracht zes apparaten vervaardigd. Op aangeven van de TPD besloot Philips na de nodige aarzelingen tot introductie van de elektronen-microscopie voor de commerciële markt.¹⁵³ De TPD werkte samen met Philips en later ook met andere bedrijven die elektronenmicroscopen wilden bouwen; de dienst construeerde deze instrumenten ook zelf. Met de bij de TPD aanwezige elektronen-microscopen werd onder andere onderzoek uitgevoerd naar de samenstelling van nieuwe materialen. Vanaf de jaren zestig werden dergelijke instrumenten bovendien gebruikt om materialen te bewerken.¹⁵⁴

ANDERE VROEGE ACTIVITEITEN

Een andere afdeling van de TPD had warmte als thematiek. De afdeling verrichtte metingen, ijkte thermometers en weerstanden en adviseerde bij nieuwbouwprojecten. Daarnaast deed de TPD onderzoek naar glas en later ook keramiek. De hieraan gewijde groep, die in het begin van de jaren vijftig werd opgericht, was een unicum voor de organisatie aangezien hij geen leerstoel in Delft als basis had. Een groot deel van dit onderzoek voerde de TPD uit in opdracht van de glasindustrie, waarvoor ze onder meer nieuw verpakkingsmateriaal voor de levensmiddelensector ontwikkelde.

In 1955 werd een afdeling Instrumentatie opgericht - nadat een eerdere afdeling Electronica naar het TNO Instituut voor Werktuigbouwkundige Constructies was verhuisd. Gedurende de volgende decennia zou de afdeling Instrumentatie uitgroeien tot een van de grootste afdelingen van de TPD. Ze hield zich aanvankelijk bezig met het ontwikkelen van analoge rekenmachines en elektronische meetinstrumenten. Aan de oprichting van de afdeling ging overleg met Rijkswaterstaat vooraf. Rijkswaterstaat was de voornaamste opdrachtgever van de afdeling, hoewel de voor deze organisatie ontwikkelde technieken later ook andere toepassingen zouden krijgen. De instrumenten die de TPD voor Rijkswaterstaat ontwikkelde, werden onder andere gebruikt voor het herstelwerk na de watersnoodramp van 1953 en het Deltaplan dat Rijkswaterstaat in 1955 lanceerde voor de structurele verbetering van de verdediging tegen het water. De dienst ontwikkelde onder andere golven- en getijdenmeters, stromingsmeters en zoutmeters. De TPD verleende tevens zijn diensten bij het afsluiten van verscheidene zeegaten.¹⁵⁵ Tot ver in de jaren tachtig zou Rijkswaterstaat een belangrijke opdrachtgever van de TPD zijn.¹⁵⁶

De activiteiten op het gebied van elektronenmicroscopen, röntgen, geluid, glas en warmte vormden in de jaren vijftig, zestig en zeventig constanten in het programma

van de TPD. Naast deze op disciplinaire basis georganiseerde groepen kende TPD tevens ook een omvangrijke afdeling Instrumentenbouw en een constructiewerkplaats. Met al deze activiteiten zette de TPD in 1960 anderhalve miljoen gulden om. De staf was in dat jaar bijna honderd mensen groot.¹⁵⁷

Tijdens de economische voorspoed van de gouden jaren zestig groeide het aantal personeelsleden van de organisatie snel. In dit decennium verdubbelde de omvang van de staf. In 1970 werkten er bij de TPD ruim tweehonderd mensen. De omzet van de organisatie was in hetzelfde tijdvak meer dan verviervoudigd, tot ruim achtenhalf miljoen gulden in 1970.¹⁵⁸ De groei werd deels gerealiseerd in de bestaande aandachtsgebieden. Zo ging de afdeling Optiek ook over op het ontwikkelen van apparatuur voor de inspectie van spoorrails en bovenleiding voor de Nederlandse Spoorwegen en verrichtte ze detectiewerk voor de Rotterdamse metro. Daarnaast kwamen er ook nieuwe gebieden op, zoals de ruimtevaart, met opdrachten om daarvoor instrumenten te ontwikkelen.

Vanaf het moment dat in 1964, zeven jaar na de lancering van de Spoetnik door de Sovjet-Unie, een Europees ruimtevaartprogramma startte, speelde ook de TPD hier een rol in. De toenmalige directeur van het Utrechtse Laboratorium voor Ruimtevaartonderzoek (het latere SRON), C. de Jager, startte samen met de TPD een onderzoeksproject voor een UV-sterspectrometer die voor astronomische observaties van sterren vanuit de ruimte bedoeld was.¹⁵⁹ Een sterspectrometer stelt astronomen in staat sterlicht uiteen te rafelen in verschillende golflengten. Een dergelijk spectrum bestrijkt licht met golflengten van ultraviolet tot in het verre infrarood. In de wandeling worden dergelijke instrumenten vaak sensoren genoemd. De constructie van de UV-sterspectrometer bleek een lastige klus, die maar liefst acht jaar zou duren. In 1972 werd dit door de TPD gebouwde instrument pas gelanceerd, als onderdeel van de eerste grote Europese kunstmaan.¹⁶⁰ De jaren erna zou de TPD een grote verscheidenheid aan ruimtevaartinstrumenten construeren. Aanvankelijk hield het instituut zich louter bezig met instrumenten voor astronomisch wetenschappelijk ruimteonderzoek, later ook voor aardobservatie en klimaatonderzoek.

De start van de ruimtevaartactiviteiten compenseerde het geleidelijk teruglopen van de omvang van het werk aan elektronenmicroscopen. In het begin van de jaren zeventig bouwde de TPD voor het laatst een groot exemplaar: een elektronenmicroscop van 1 MV hoogspanning (de HOSPAMI). Het werd bij het TNO Metaalinstituut in Apeldoorn opgesteld. In het begin van de jaren tachtig was de vraag naar de verdere ontwikkeling van nieuwe elektronenoptische instrumenten zo klein geworden dat de TPD deze activiteit beëindigde.¹⁶¹ Het stopzetten van het Nederlandse kernenergieprogramma in deze periode speelde hierbij ook een rol. De vraag naar speciaal ontwikkelde röntgenapparaten voor de inspectie van lassen in warmtewisselaars viel hiermee weg.¹⁶²

In 1980 werkten er bij de TPD 283 personen. De groei van het aantal personeelsleden was gepaard gegaan met het clusteren van onderzoekers in grotere eenheden. De instelling kende in 1980 vijf hoofdafdelingen: 1. Geluid, 2. Warmte, 3. Optiek, Ruimteonderzoek en Mechanische Constructie, 4. Instrumentatie, 5. Röntgen en Glas / Keramiek.¹⁶³ De groepen Geluid, Optiek en Instrumentatie omvatten elk ongeveer zestig medewerkers. De groepen Warmte en Glas waren met respectievelijk 29 en 15 onderzoekers in hun gelederen beduidend kleiner.¹⁶⁴ De TPD was vooral ook een plek waar instrumenten werden ontwikkeld, ontworpen en gebouwd. Tot ver in de jaren negentig beschikte de TPD over een omvangrijke afdeling instrumentenbouw.

Het overgrote deel van de inkomsten van de TPD was afkomstig uit contractonderzoek. In 1950 besloegen de inkomsten uit opdrachten al 60% van de begroting. In 1960 was dit 65% en in 1965 72%. Tot in het begin van de jaren tachtig zou de verhouding tussen opdrachtwerk en subsidies ongeveer hetzelfde blijven, daarna zouden de inkomsten uit opdrachtwerk verder stijgen. In de jaren negentig was de vuistregel bij het opstellen van onderzoeksplannen dat 80% van de omzet van de TPD door opdrachten gerealiseerd diende te worden en 20% uit subsidies mocht bestaan.

De financiële steun van de Technische Hogeschool voor de TPD was relatief bescheiden, al nam de omvang ervan in de loop der tijd toe. In 1960 droeg de hogeschool circa 45.000 euro aan de TPD bij, in 1965 was dit 160.000 euro. De omvang van de bijdragen van de Centrale Organisatie TNO aan de TPD had ongeveer dezelfde omvang. De groeiende stroom subsidie was bedoeld om het zogeheten 'vrije speurwerk' te ondersteunen, onderzoek dat de kennis van de instelling op peil moest houden en dat vooruit moest lopen op verwacht toekomstig werk. Iedere groep verrichtte dergelijk speurwerk in principe zelf. Om dergelijke inspanningen in goede banen te kunnen leiden, ontwikkelde de TPD in de jaren tachtig en negentig een planningsmethodiek, die in meerjarige speurwerkplannen resulteerde. De Wetenschappelijke Raad van de TPD, waarin alle hoogleraren Technische Natuurkunde van de afdeling zitting hadden, adviseerde hierbij.

SCIAMACHY

Zoals gezegd, startte de TPD in het midden van de jaren zestig met instrumentatie voor ruimtevaartdoelinden. De opkomst van de satellieten zorgde ervoor dat er vraag naar toegesneden meet- en regeltechniek ontstond. De TPD profileerde zich op dit gebied met het ontwikkelen van sensoren voor wetenschappelijk onderzoek aan sterren, voor atmosfeeronderzoek en voor de standregeling van satellieten in de ruimte.¹⁶⁵ De ontwikkeling van dergelijke instrumenten vond plaats in grote projecten, waarbij de TPD met uiteenlopende onderzoeksinstellingen in binnen- en buitenland samenwerkte. Het Nederlands Instituut voor Vliegtuig- en Ruimtevaartontwikkeling (NIVR), dat de ruimtevaartbudgetten voor de Nederlandse regering beheerde, was voor de TPD een belangrijk kanaal om dergelijk onderzoek te verwerven, naast de in deze jaren tot stand gekomen Europese ruimtevaartorganisatie ESA.

De toenemende belangstelling voor de CO₂-uitstoot aan het eind van de jaren tachtig en de grote angst voor de aantasting van de ozonlaag bleken een goede voedingsbodem voor uitbreiding van het ruimtevaartprogramma. In navolging van Amerikaanse initiatieven werden er in de tweede helft van de jaren tachtig plannen gemaakt om meetinstrumenten in een baan om de aarde te brengen om zo veranderingen in de atmosfeer vast te leggen. Het eerst gebeurde dit in het kader van het zogeheten GOME (Global Ozone Monitoring Experiment) programma.¹⁶⁶ De TPD verzorgde het conceptuele ontwerp van dit instrument. Het bouwen ervan gebeurde in Italië. In 1995 werd het instrument door ESA vanuit Frans Guyana gelanceerd, als onderdeel van de satelliet ERS-2. De GOME was het eerste instrument voor atmosfeer- en milieuonderzoek per satelliet waaraan de TPD heeft meegewerkt. SCIAMACHY was een meer ambitieuze stap.

De rol van de TPD was een uitvloeisel van de wens van de Nederlandse politiek om de milieuproblematiek internationaal groot op de agenda te zetten. De waarnemingsmogelijkheden en het bereik van de SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption spectroMeter for Atmospheric Cartography) moesten groter zijn dan van GOME.

SCIAMACHY was bedoeld om de samenstelling van gassen in de tropo- en stratosfeer in kaart te brengen om zo de luchtverontreiniging te kunnen duiden.¹⁶⁷ De metingen zouden in een golflengtebereik van 240 tot 2400 nm plaatsvinden. Het initiatief voor dit instrument was afkomstig van de Nederlandse chemicus Paul Crutzen, indertijd hoofd van de klimatologische afdeling van het Max Planck Instituut in Mainz.¹⁶⁸ Crutzen zou later (in 1995) de Nobelprijs ontvangen voor zijn chemisch en klimatologisch onderzoek. Gezien de verwachte looptijd van het project van zo'n twintig jaar, belastte een jongere medewerker van Crutzen, J.P. Burrows, zich uiteindelijk met de uitvoering. Vanuit Bremen, waar hij hoogleraar werd, zou Burrows gedurende het hele project de drijvende kracht achter het programma blijven, van de beginfase van het ontwerp van het instrument in 1990 tot aan het verwerken van de binnenkomende gegevens nu.

Burrows legde contact met het hoofd Ruimtevaart van de TPD voor het ontwerp van een dergelijk instrument. TPD'ers van de afdeling Optiek togen hierop naar Mainz. Afsproken werd dat de TPD het optische deel van het instrument zou ontwerpen en de Stichting Ruimtevaart Onderzoek Nederland (SRON, met vestigingen in Utrecht en Groningen) de detectoren met de bijbehorende elektronica zou verzorgen. Fokker werd verantwoordelijk voor het totale systeemoverzicht en voor de thermische huishouding en controle van het instrument. Het Duitse Dornier nam onder meer het ontwerp van de scanspiegels voor zijn rekening en de elektronica voor de dataverwerking. Ook de verwerking van de klimatologische gegevens kwam in Duitse handen. Op deze manier was het mogelijk om de financiers van het programma in Nederland en Duitsland tevreden te stellen. De regeling kwam tot stand in overleg tussen de Nederlandse en Duitse ruimtevaartorganisaties. Het instrument zou een plaats moeten krijgen op de door de European Space Agency (ESA) te lanceren satelliet Envisat, waarvan de lancering voorzien was voor 2000.

Het ontwerpen van het concept van het complexe apparaat vergde twee jaar. Tijdens vergaderingen van Burrows en zijn team met vertegenwoordigers van de TPD en SRON werd het door de Duitse klimatologen opgestelde programma van eisen vertaald in een realiseerbaar en betaalbaar instrument. Om de discussies te verduidelijken en de gevolgen van bepaalde keuzen zichtbaar te maken, tekende optisch ontwerper Huib Visser van de TPD het ene na het andere ontwerp, dat door zijn collega's steeds weer werd uitgewerkt. Uiteindelijk zou de vergadering ongeveer het twintigste ontwerp van zijn hand accepteren. Lang waren het golflengtebereik en het aantal detectoren dat het instrument zou moeten hebben, een struikelpunt. De beperkingen van de op de satelliet beschikbare ruimte en de voorhanden zijnde financiën zorgden ervoor dat er niet twee aparte instrumenten geplaatst konden worden. Het oorspronkelijke idee was dat het ene instrument naar beneden zou kijken en het andere schuin naar voren, richting de horizon.¹⁶⁹ In plaats daarvan werd er besloten om het instrument uit te rusten met twee scanspiegels. 'Ik kan me goed voorstellen dat wetenschappers niet in eerste instantie met praktische randvoorwaarden bezig zijn en vooral hun eigen eisen in de gaten houden', stelt Visser achteraf. In zijn discussies met hen zwakte hij soms hun eisen af, of wees hij ze juist op technische mogelijkheden die ze over het hoofd hadden gezien.¹⁷⁰

De daadwerkelijke bouw van het instrument startte in 1995. Met zijn spiegels, detectoren en andere elektronica was het een complex geheel. De organisatie van het project was eveneens ingewikkeld door het grote aantal betrokken instellingen en bedrijven in Nederland, Duitsland en België. Op instigatie van de Nederlandse overheid kreeg Fokker/Dutch Space als Nederlandse hoofdaannemer de regie van de bouw van

het Nederlandse aandeel in handen. De onderneming had bij eerdere Europese satellietprojecten al ervaring opgedaan met *system engineering*.¹⁷¹

Fokker kreeg de taak om de werkzaamheden van TPD, SRON en Dornier in goede banen te leiden en de engineering te verzorgen van de assemblage van de door de afzonderlijke partners geleverde componenten tot een compleet instrument, inclusief de *cooling* en bekabeling. Hoewel Fokker de formele regie had, werd de constructie van het instrument door medewerkers van TPD, SRON en Fokker gezamenlijk uitgevoerd vanuit het gebouw van de TPD aan de Stieltjesweg. Zo kon er gebruik worden gemaakt van de faciliteiten die de TPD in de loop van de tijd op ruimtevaartgebied had opgebouwd en was er frequent tussentijds overleg mogelijk. Ook in België en Duitsland werkten er op dat moment teams aan onderdelen van het instrument. Op het hoogtepunt waren er in totaal circa tweehonderd mensen bij de constructie betrokken. Het SCIAMACHY-project bezorgde de TPD een substantiële omzetstijging. In 1994 en 1995 werd het leeuwendeel van het werk voor de industriële sector in dit project gerealiseerd. Alleen al in 1994 leverde SCIAMACHY de TPD bijna 4,5 miljoen euro aan omzet op (op een totaal van bijna 37 miljoen).¹⁷²

Het totale apparaat, inclusief de Duitse inbreng, werd bij Fokker op Schiphol in elkaar gezet en in een ruimtesimulatiekamer getest en gekalibreerd. Ondanks de regierol van Fokker, gebeurde het kalibreren (het ijken) van het instrument door de TPD. Fokker beschikte niet over voldoende ervaring om een dergelijk complex proces met simulatiemodellen uit te voeren.¹⁷³ Uiteindelijk werd het 45 miljoen euro kostende SCIAMACHY als onderdeel van de 'milieusatelliet' Envisat in maart 2002 succesvol gelanceerd met een Ariane 5-raket.¹⁷⁴

Nog voor de lancering van SCIAMACHY waren TNO, SRON en Fokker/Dutch Space in 1993 al met een voorstudie voor OMI (Ozone Monitoring Instrument) gestart. In 1994 raakte ook het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) hierbij betrokken. De ontwikkeling van dit instrument was een Nederlands initiatief en werd in samenwerking met Finland uitgevoerd. Het KNMI zorgde hier voor de wetenschappelijke onderbouwing. In 2005 werd het instrument gelanceerd. Onderhandelingen met ESA over plaatsing op een Europese satelliet mislukten door oppositie van Italië, waar het concurrerende GOME-2 instrument in elkaar werd gezet. Om deze reden is OMI op een Amerikaanse satelliet geplaatst en in Californië gelanceerd.

GOME-1, SCIAMACHY, OMI en GOME-2 verzorgen op dit moment de metingen voor het programma over klimaatbeheersing van de Verenigde Naties. OMI en SCIAMACHY vliegen op een hoogte van circa 800 kilometer in een noord-zuidbaan over beide polen. OMI meet de OZON-laag en de luchtkwaliteit, terwijl SCIAMACHY ook metingen verricht naar de concentraties kooldioxide, methaan en koolmonoxide - de gassen die het meeste bijdragen aan het broeikas-effect.¹⁷⁵ De Amerikaanse instrumenten die in de jaren tachtig en negentig dergelijk onderzoek deden, waren allemaal verouderd en aangetast door de kosmische straling.

Inmiddels is er politieke goedkeuring verkregen voor een vervolgproject, dat het mogelijk moet maken om een meetinstrument de ruimte in te sturen op het moment dat de levensduur van SCIAMACHY en OMI is verstreken. Een samenwerkingsverband van TNO, SRON, KNMI en Dutch Space is momenteel hard aan het werk. Het onderzoek is ondergebracht in een van de twintig innovatiegebieden: 'Space'.

ASML

De in ruimtevaartprojecten vergaarde kennis blijkt ook van nut te zijn voor het lithografisch werk voor ASML en andere opdrachtgevers. Een belangrijk deel van de

TNO-onderzoekers van de groep Optische Instrumentatie werkt momenteel voor ASML aan lithografische projecten.¹⁷⁶ De opdrachtenstroom voor de halfgeleiderindustrie is van relatief recente datum. Ondanks dat er in Nederland al sinds de tweede helft van de jaren zestig chips worden gemaakt en de Nederlandse producent van steppers (chipsproductieapparatuur) ASML in Veldhoven zijn werkzaamheden al in 1984 startte, raakte de TPD pas in de tweede helft van de jaren negentig betrokken bij de halfgeleiderindustrie en begon de dienst onderzoek voor ASML uit te voeren.

De werkzaamheden van TNO voor ASML kwamen rechtstreeks voort uit het ruimtevaartonderzoek. Met de groei van het ruimtevaartprogramma en het toenemende aantal mensen dat hierin werkte, nam ook de kwetsbaarheid toe. Om de opdrachtenportefeuille meer te spreiden, gingen de toenmalige hoofden Ruimtevaart en Optische Instrumentatie in het midden van de jaren negentig op zoek naar nieuwe werkterreinen. ASML, met zijn omvangrijke R&D-inspanningen voor de ontwikkeling van nieuwe waferscanners en zijn bestaande traditie van uitbesteding van R&D, leek een goede bron voor opdrachten in de sfeer van optische instrumentatie. Ook voor ASML was optiek een basistechnologie. De door ASML gemaakte steppers projecteren bij wijze van spreken een dia met het chipontwerp met behulp van een lenzenstelsel sterk verkleind op een siliciumplak.

Via via kreeg het hoofd Optische Instrumentatie contact met Martin van den Brink, directeur Technologie van ASML. Van den Brink was zeer onder de indruk van de bij ruimtevaartprojecten opgebouwde kennis en vaardigheden. Hij zag mogelijkheden om deze ook in de halfgeleiderindustrie toe te passen.

ASML heeft de politiek om ongeveer een derde van de eigen R&D-activiteiten uit te besteden. Ter vergelijking: van de totale productie van een stepper besteedde ASML 90% uit. In het R&D-netwerk van ASML is Philips zeer sterk vertegenwoordigd, wat goed te begrijpen is gezien de ontstaansgeschiedenis van ASML als voormalige Philips-dochter. ASML vroeg TNO een verkenning uit te voeren naar de richting die de halfgeleiderindustrie zou inslaan bij haar pogingen om de lijnbreedte van de transistoren verder te verkleinen en daarmee de snelheid van de microprocessoren verder te verhogen. Op dat moment werden er steppers ontwikkeld die met een golflengte van 193 nm zouden werken. Het probleem was dat hiervoor een totaal nieuwe architectuur van de machines nodig was.

Op dat moment konden ASML en de andere halfgeleiderbedrijven kiezen uit het ontwikkelen van nieuwe steppers op basis van EUV(Extreme Ultraviolet)-projectie of met elektronen of met protonen. Elk van de trajecten zou enkele miljarden guldens aan ontwikkelingskosten vergen. Om zich de ontwikkeling van een doodlopende technologie te besparen, vroeg ASML aan TNO een toekomstverkenning uit te voeren naar de verwachte ontwikkelingen. De groep Optica, met zijn netwerk in de belovende vertrekken van Technische Natuurkunde, was voor ASML een goede bron om dergelijke kennis over fundamentele optische verschijnselen te mobiliseren. Met de literatuurstudie was een budget van ongeveer 45.000 euro gemoeid. De studie was de opmaat voor een doorlopende reeks onderzoeken die de TNO-groep de jaren erna voor ASML zou uitvoeren.¹⁷⁷

Tussen 1997 en 2000 werkte ASML met belangrijke bijdragen van TNO aan drie verschillende lithografieën. Op basis van de resultaten van dat onderzoek en een wereldwijde discussie over de toekomst van de halfgeleidertechnologie besloot ASML uiteindelijk in te zetten op EUV.

Ondanks de ruime ervaring van de TPD op het gebied van Optische Instrumentatie verstreekte ASML de dienst juist opdrachten op andere terreinen. De optica die de TPD voor de ruimtevaartsector ontwikkelde, was een totaal andere dan die welke de

halfgeleiderindustrie toepaste. De optiek van een waferstepper is heel anders dan die van een spectrometer. Zo speelde bijvoorbeeld gewicht in de ruimtevaart een grote rol. In de ruimtevaart is elke kilo extra al bijzonder duur, maar voor een stepper maakt het niet uit of deze nu 20 of 25 ton weegt. Dat ASML geen beroep deed op de kennis van de TPD op het gebied van optische instrumentatie had desalniettemin een andere achtergrond. ASML beschikte met huisleverancier Zeiss (Beieren) al over dergelijke kennis, terwijl Philips en een aantal fijnmechanische bedrijven in Zuidoost-Brabant het ontwikkelingswerk in de mechanische sfeer verzorgden.

ASML wees de TPD meer 'perifeer' onderzoek toe. Het bedrijf vroeg de dienst om sensoren voor de communicatie van de afzonderlijke onderdelen van de waferstepper te ontwikkelen. ASML speelde verder in op de bij de TPD aanwezige ervaring en kennis die op het gebied van *system engineering* in de ruimtevaart was opgedaan. Dat de TPD kort tevoren een aantal werknemers van Fokker/Dutch Space met dergelijke deskundigheid in dienst had genomen, was een gelukkig toeval.

Een groep van maar liefst zeventig TNO-onderzoekers hield zich aan het eind van de jaren negentig bezig met het ontwikkelen van een levelsensormodule. De levelsensor meet op nanometerniveau de afstand tot de siliciumplak, zodat er scherp kan worden gesteld voordat de belichting plaatsvindt. Mocht de positionering niet goed zijn, dan maakt de levelsensor het mogelijk om tijdens het productieproces te corrigeren.

Van groot belang voor ASML was dat de TNO'ers in de ruimtevaart ervaring hadden opgebouwd met het werken in vacuüm. De golflengte van het in de EUV-methode toegepaste licht was dusdanig kort dat ze door elke materie die ze tegenkwam, geabsorbeerd zou worden. Daarom stapten ze bij TNO over op de ontwikkeling van lenzen op spiegels en werkten ze de gedachte uit om de hele machine vacuüm te pompen.¹⁷⁸

Het werken in vacuüm bleek echter onverwachte problemen met zich mee te brengen. Het gebruikte EUV-type licht bleek zo agressief te zijn dat de gebruikte spiegels beschadigd raakten, waardoor ze al snel niet goed meer reflecteerden. Uit TNO-onderzoek bleek dat de verontreiniging vooral afkomstig was van de fotolak, de polymeer, aangebracht op de wafers. De TNO'ers deden daarop onderzoek naar manieren om een dergelijke verontreiniging te voorkomen en daarmee de levensduur van de machine te verlengen. Gezien de vereiste nauwkeurigheid van het productieproces, is het voorkomen van dergelijke verontreinigingen essentieel. Een gelukkige bijkomstigheid was de versterking van de groep Optische Instrumentatie in deze periode door een aantal chemisch onderzoekers afkomstig van het TNO Instituut voor Reinigingstechnieken.¹⁷⁹ Deze aanwas verbreedde de wetenschappelijke basis van de groep. Ze probeerden methoden uit om ervoor te zorgen dat losse deeltjes niet op de te belichten wafer zouden terecht komen, waarbij effecten van mogelijke ingrepen op andere onderdelen van het functioneren van de machine werden meegewogen. De oplossing werd gezocht in het toevoegen van verschillende gassen op bepaalde momenten in de machine en het verbeteren van de coatings op de spiegels. Bij het uitwerken van deze oplossingen speelden simulaties van verwachte ontwikkelingen een belangrijke rol.¹⁸⁰

In totaal verstreekte ASML tussen 1999 en 2006 aan TNO alleen al voor de ontwikkeling van de EUV-techniek opdrachten ter grootte van meer dan 27 miljoen euro. Daarnaast gaf ASML aan TNO in deze periode voor bijna 55 miljoen euro aan andere opdrachten. De verschillende projecten maken duidelijk hoezeer de samenwerking tussen ASML en TNO zich had ontwikkeld sinds het beperkte project naar de mogelijke ontwikkelingstrajecten voor de halfgeleiderindustrie enkele jaren tevoren. TNO werkt momenteel aan meerdere projecten voor het Veldhovense bedrijf. ASML heeft tot op heden acht machines op EUV-basis afgeleverd (1 januari 2011).

De eerste twee werden in 2006 bij instellingen voor halfgeleideronderzoek geplaatst: IMEC in Leuven, België, en Albany Nanotech in de Amerikaanse staat New York. Vanaf eind 2010 hebben ook vijf chipproducenten een eigen EUV-machine, waarmee zij zich voorbereiden op de volumeproductie van chips op EUV-systemen die vanaf 2013 is voorzien. De geproduceerde machines zijn prototypen en preproductiemachines die veel betere resoluties hebben bereikt dan aanvankelijk was verwacht.

Omdat de EUV-technologie met enkele jaren vertraging op de markt wordt geïntroduceerd, heeft er in de tussentijd een ontwikkeling plaatsgevonden van steppers die zich vooral op het terrein van vloeistofmachines bewegen. Enkele jaren na de prille start van de EUV-ontwikkeling besloot de internationale halfgeleidergemeenschap in te zetten op de immersielithografie, als een tussenstap voordat de EUV-lithografie volwassen zou zijn. Bij immersie wordt de resolutie verbeterd door de toepassing van een vloeistof tussen de lens en het substraat. Aanvankelijk was de gedachte dat die techniek slechts voor een relatief korte periode als tussentechniek zou dienen, maar op het moment van schrijven is het echter nog steeds de hoofdstroming.¹⁸¹ Ook bij het ontwikkelingswerk van machines op deze basis schakelde ASML TNO in.

Voor ASML heeft het grote voordelen om TNO bij de ontwikkeling van zijn machines te betrekken. Op deze manier is de onderneming in staat om een beroep te doen op gespecialiseerde technici waarover ze zelf niet beschikt - en niet in dienst wil nemen gezien de vele economische en technologische onzekerheden bij de ontwikkeling van wafersteppers. De geografische nabijheid van TNO is voor ASML een pre, omdat de assemblage van de ongeveer tweehonderd machines die ASML jaarlijks wereldwijd verkoopt, in Veldhoven plaatsvindt.¹⁸²

ASML is voor de TNO-onderzoekers van Hightech Systemen met kop en schouders de belangrijkste klant geworden. ASML beschouwt TNO als een strategische partner voor de ontwikkeling van nieuwe typen steppers. Beide partijen zijn nu wederzijds afhankelijk van elkaar.

EVOLUTIE

In de ruimtevaartsector profileerden de betrokken onderzoekers van de TPD zich vooral met de opgebouwde unieke kennis en vaardigheden op het gebied van sensoren. Dat TNO bij een ruimtevaartproject als SCIAMACHY een grote rol kon spelen, is behalve op de eerder opgebouwde kennis vooral ook terug te voeren op de manier waarop de Nederlandse overheid de financiën van dergelijk onderzoek regelt en de manier waarop dergelijke projecten in het samenspel van de Nederlandse en Europese ruimtevaartwereld worden georganiseerd. Qua volume groeide het ruimtevaartonderzoek in de jaren negentig uit tot voor de TPD belangrijk werk. De besluitvorming maakt de continuïteit van dergelijk werk op de langere termijn echter onzeker.

Voor ASML was de samenwerking met TNO een manier om op relatief eenvoudige manier de noodzakelijke kennis te verwerven om de voor nieuwe typen steppers benodigde technologie te kunnen toepassen. Het type onderzoek dat TNO, en vooral de TPD, voor ASML uitvoerde, was veelzijdiger dan de organisatie eerder voor de ruimtevaartsector verrichtte. In opdracht van ASML hield TNO zich bezig met het testen en bouwen van onderdelen van instrumenten en andere apparaten, maar ook met modelmatig werk en simulatie.

Beide casussen tonen een combinatie van werken in opdracht en speurwerk gefinancierd uit andere bronnen die TNO in staat stelt onderzoekslijnen voort te zetten op het moment dat de markt niet om dergelijke kennis vraagt. In beide gevallen betrof het werk van de TPD het bouwen van hoogwaardige instrumenten waarvoor gespecialiseerde kennis en vaardigheden vereist waren.

Het kapitaal van de onderzoeksinstelling zat hem in de betreffende onderzoekers.

Terugkijkend valt op hoezeer de onderzoeksactiviteiten die nu voor een belangrijk deel onder Hightech Systemen vallen, evolutionair tot stand kwamen. De samenwerkingsverbanden rond dit type onderzoek zijn voortgekomen uit in het verleden ontplooid activiteiten. Bovendien zijn sprongen in kennis en radicale breuken in de relevante vakgebieden zeldzaam. Het grootste deel van de technische ontwikkeling vond geleidelijk en stap voor stap plaats. Hetzelfde kan worden gezegd van de ontwikkeling van de samenwerking van de betrokken TNO'ers met hun partners.

Ook de omgang met opdrachtgevers grijpt terug op de eerdere praktijk. De activiteiten van het innovatiegebied Hightech Systemen komen tot stand in hetzelfde type samenspel van de overheid, de door de overheid gefinancierde instellingen en het bedrijfsleven dat ook in het verleden de koers van het vakgebied bepaalde. Contacten met klanten werden decennialang vooral door de betreffende onderzoekers en projectleiders verzorgd. Het instituut kenmerkte zich door een sterke gerichtheid om de technologische kennis en vaardigheden toe te passen in de context van externe partijen, variërend van universitaire instituten en andere TNO-instellingen tot industrieën en andere bedrijven. Een groot gedeelte van de activiteiten van de TPD was op het spel van vraag en aanbod met opdrachtgevers geënt. De hoeveelheid op subsidie-stromen gebaseerd speurwerk viel hierbij in het niet, al was deze wel van essentieel belang om in te spelen op toekomstige ontwikkelingen. Het onderzoekspakket kende een grote variëteit aan klanten en typen werk. De constante in de geschiedenis is de wetenschappelijke en technologische basis van de betrokken TNO'ers.

Hans Buiter

7. ONDERZOEK NAAR VOERTUIGEN

Een botsproef is een spectaculaire, maar ook beangstigende ervaring. Een auto met dummy's, sterk op mensen gelijkende poppen, botst met een snelheid van 65 km/u tegen een groot betonblok. Een oorverdovende klap, het geluid van brekend glas en een stofwolk waaruit een paar wioldoppen en een stuk van een bumper tevoorschijn komen. Van het dummy-gezin, een grote en dikke man, zijn wat kleinere vrouw en drie kinderen in verschillende leeftijden, komen enkele leden, ondanks de autogordels, onzacht met het interieur in aanraking.¹⁸³

Om die dummy's gaat het. Ze zitten namelijk volgepropt met elektronica die via kabels informatie over de botsing doorgeeft: de 'verwondingen' aan vooral hoofd, knieën en armen; de krachten op nek en hoofd; de indrukking en verplaatsing van vitale botten en organen. Alle gegevens worden gebruikt om de kwaliteit van de beveiligingsmiddelen en de autoveiligheid te bepalen. Die moet aan wettelijke eisen voldoen. Bovendien kunnen de resultaten worden teruggekoppeld naar rekenmodellen. Daarmee kunnen de onderzoekers parameters bepalen die bij een botsproef niet zo makkelijk te meten zijn.¹⁸⁴ Een bijzonder model is MADYMO, waarbij MADYMO staat voor Mathematisch Dynamisch Model.

Dit door TNO Wegtransportmiddelen ontwikkeld programma kan berekenen wat er tijdens een botsing met het menselijk lichaam en de beveiligingsmiddelen gebeurt. Vrijwel alle grote autoproducenten passen MADYMO toe om in de beginfase van bijvoorbeeld een nieuw auto-ontwerp een eerste selectie uit een aantal mogelijke ontwerpparameters te maken.¹⁸⁵ Later wordt een kleiner aantal definitievere ontwerpen met eindige-elementenprogramma's doorgerekend. Vergeleken met vroeger zijn er daardoor aanzienlijk minder botsproeven nodig. Dat alles bespaart tijd en geld. MADYMO is hightech computergereedschap voor veeleisende klanten. Het is tevens illustratief voor de verwetenschappelijking van het onderzoek naar voertuigen.

MADYMO was het paradepaardje van TNO Wegtransportmiddelen. Tegenwoordig maakt het onderzoek deel uit van het hoofdthema Mobiliteit.¹⁸⁶ Dit thema kent diverse voorlopers binnen TNO, bijvoorbeeld het onderzoek naar de interactie tussen mens en voertuig (voormalig Instituut voor Zintuigfysiologie TNO), scheepsconstructies en scheepsvoorstuwning (voormalig Instituut voor Werktuigbouwkundige Constructies TNO) en logistieke systemen, verkeerscirculatieplannen en infrastructuurplanning (voormalig Instituut voor Ruimtelijke Ordening TNO). Wij richten ons echter in dit hoofdstuk op 'Wegtransportmiddelen' en zullen de onderzoeksgroepen ook als zodanig aanduiden. Welk onderzoek werd er verricht? Hoe ontwikkelde zich dat? Wie waren de klanten en hoe was de relatie met hen? Wat verwachtten die klanten van TNO?¹⁸⁷

DE PIONERSJAREN VAN 'WEGTRANSPORTMIDDELEN'

De wereldwijde activiteiten rond MADYMO, waarover later meer, zijn ver verwijderd van het bescheiden begin van 'Wegtransportmiddelen'. Het begon met de oprichting, eind 1947, van de Stichting Instituut voor Rijwielontwikkeling. Initiatiefnemers waren onder meer het ministerie van Economische Zaken en TNO. De stichting had als doel om steun te bieden aan de ontwikkeling van de Nederlandse rijwielindustrie. Nederland had na de Tweede Wereldoorlog nauwelijks nog transportcapaciteit voor de bevolking. Goede en goedkope fietsen moesten daarin voorzien. Geld voor de stichting kwam van fietsfabrikanten en de overheid. Het onderzoek naar fietsen en fietsonderdelen geschiedde in Delft.¹⁸⁸

Het eerste, uit december 1948 daterende rapport ging over 'De principiële constructie van terugtrapremnaven'. Andere verslagen behandelden onder meer de stabiliteit van de fiets en het beitsen van frames. Opdrachtgevers in de begintijd waren rijwiel fabrieken en de overheid. Zo werden er onder meer fietsen voor het Koninklijk

Nederlands-Indisch Leger gekeurd op bruikbaarheid in de tropen. Begin jaren vijftig bestond de staf uit negen man: een algemeen directeur, een werktuigbouwkundig ingenieur, vier hogere en middelbare technici en drie administratieve medewerkers. Een van de administratieve medewerkers was een technisch documentalist die bijdragen leverde aan literatuuroverzichten, onder andere voor het midden- en kleinbedrijf.¹⁸⁹ De technici hielden zich voornamelijk bezig met kwaliteitstesten en toepassingsgericht onderzoek.

Een wat uit de toon vallende klus was de bouw in 1952 van een 'laag gebouwd rijwiel' of 'fauteuilfiets'. De opdrachtgever was een particuliere ontwerper. Dit revolutionaire model met trappers aan het voorwiel, zou talloze voordelen hebben boven een gewone fiets. Onder meer kon er gemakkelijker worden op- en afgestapt, was de valkans kleiner en raakte de berijder minder snel vermoeid. Dit laatste was zeker het geval wanneer de fiets door inbouw van een hulpmotor werd getransformeerd tot een 'bromscooter'.¹⁹⁰ De tegenwoordige ligfiets lijkt er wat op. Verder dan een prototype, dat mogelijk op de Rijwiel-RAI van 1953 te zien was, kwam het echter niet.

DE OPMARS VAN DE VERBRANDINGSMOTOR

Toch was de gemankeerde bromscooter een signaal van een nieuwe, gemotoriseerde tijd. Eind jaren veertig kwamen er eenvoudige bromfietsen, rijwielen met hulpmotor in het officiële jargon, als de Solex op de markt. In de jaren vijftig volgden bromfietsen met roemruchte merknamen als de Mobylette, Sparta, Puch en Tomos, die geleidelijk steeds meer op echte motoren gingen lijken. Daarnaast groeide het aantal personen- en vrachtwagens.¹⁹¹

In 1955 leidde deze ontwikkeling tot een nieuwe stichting: het RAI-TNO Instituut voor Wegtransportmiddelen. RAI stond hierbij voor de rond 1900 opgerichte branchevereniging Nederlandsche Vereeniging De Rijwiel- en Automobiellindustrie. Het instituut vond een jaar later onderdak in een groter gebouw met een goed geoutilleerde werkplaats en een beproevingsruimte en laboratorium.

De verhuizing was mede nodig omdat 'Wegtransportmiddelen' door de overheid was belast met de snelheidskeuring - maximaal 40 km/uur - van op de markt gebrachte bromfietsen. In het kader van deze opdracht voerde 'Wegtransportmiddelen' in de loop van de jaren vijftig voor tientallen fabrikanten snelheidsproeven uit aan een kleine honderd typen bromfietsen. Van ieder nieuw type werd een steekproef genomen van drie exemplaren. Later reisden medewerkers naar de fabriek om daar de bromfietsen te testen. Niet-industriële opdrachtgevers uit die tijd waren onder meer het Nederlands Verkeersinstituut, de Consumentenbond en de ANWB.

Onderzoek aan fietsen en bromfietsen, bij deze laatste vooral naar de snelheid maar later ook naar het geproduceerde geluidsvolume, bleef nog jarenlang van groot belang. Hierbij werd voor het eerst ook samengewerkt met technici van onderzoeksinstituten in Groot-Brittannië en Duitsland. Ook Japanse onderzoekers wisten Delft te vinden: in 1957 werd een delegatie geïnformeerd over de stand van de techniek in de Nederlandse rijwielindustrie. Mede door de toenemende buitenlandse contacten kreeg het instituut steeds meer opdrachten. Dit leidde tot een capaciteits- en ruimtegebrek, dat aanvankelijk werd opgevangen door in drieploegendienst te gaan werken.

Het bestuur beseftte dat een aanpassing van de structuur nodig was. 'Wegtransportmiddelen' kreeg in 1958 een ruimere begroting en vier jaar later een ruimere behuizing.¹⁹²

Halverwege de jaren vijftig zag 'Wegtransportmiddelen' de eerste opdrachtgevers zich aanmelden voor onderzoek aan een transportmiddel dat de bromfiets in belang verre zou overtreffen, namelijk de auto. DAF was de eerste die belangstelling toonde,

spoedig gevolgd door FIAT en andere autofabrikanten. De eerste opdrachten hadden veelal nog een traditioneel werktuigbouwkundig karakter, zoals onderzoek naar de invloed van laswerk op buisverbindingen bij autobusstoelen en onderzoek naar de werking van antivries in koelwater en de mogelijke nadelige gevolgen voor de radiator en andere motoronderdelen.

Vooruitlopend op de wettelijke invoering in 1971, werden er in de jaren zestig in Nederland al autogordels gemaakt.¹⁹³ De beproeving van die eerste generatie gordels ging al snel een steeds groter deel van de tijdsbesteding van het instituut uitmaken. Omdat voorschriften voor de fabricage ontbraken, brachten enkele medewerkers in het begin van de jaren zestig bezoeken aan Zweden, de pionier op het terrein van botsveiligheid, waar gordels al standaard in auto's werden gemonteerd.¹⁹⁴

Een eerste stap voor het onderzoek naar autogordels was de bouw van een testbaan met schietstoel aan de achterkant van de nieuwe huisvesting.¹⁹⁵ De schietstoel werd aanvankelijk weggeschoten met samengeperste lucht, later met stalen veren, een soort katapultachtige aandrijving. Op de stoel zat een door medewerkers gebouwde testdummy met de naam Olivier.¹⁹⁶ Zijn geraamte was van staal en aluminium, maar 'het vlees' was van hout. Later volgde nog een op dezelfde manier geconstrueerde nakomeling, die Pinokkio heette en werd gebruikt voor proeven met kindergordels.

Zeker de eerste tijd, toen er nog volop werd geëxperimenteerd, raakte Olivier vele malen zwaar beschadigd. De oorzaak was dat hij bij proeven door een niet goed werkende gordel schoot en tegen de betonnen schutting belandde die het terrein afsloot. Bij een proef met een ondeugdelijke gordel schoot de dummy zelfs eenmaal dwars door de schutting heen. Nieuwe ledematen werden op voorraad gemaakt en zo kon Olivier jarenlang mee.¹⁹⁷

AANSLUITING BIJ TNO

In 1970 ging 'Wegtransportmiddelen' volledig deel uitmaken van de TNO-organisatie. De RAI bleef bij het beleid betrokken; ze was in het bestuur vertegenwoordigd en vanaf 1980 in de Programma-Adviesraad van het instituut, en droeg financieel bij aan het onderzoek. De opnemings in TNO was belangrijk omdat het instituut hierdoor meer financiële armlslag kreeg en op termijn ook een nieuwe behuizing, op het TNO-complex in de Delftse Zuidpolder. Dit laatste verhoogde ook het prestige van 'Wegtransportmiddelen'. Het was een bevestiging van de goede naam die de medewerkers binnen de transportsector en bij de overheid hadden opgebouwd.

'Wegtransportmiddelen' telde ten tijde van de opnemings in de TNO-organisatie ongeveer 25 medewerkers. Het overgrote deel van hen was een middelbaar of hoger opgeleide technicus of had enkele jaren een ingenieursopleiding gevolgd. Zij werden bijgestaan door een kleine administratieve staf.

Toen 'Wegtransportmiddelen' in 1970 in de TNO-organisatie werd opgenomen, maakte de directie gebruik van deze reorganisatie om de medewerkers van 'Wegtransportmiddelen' onder te brengen in vier al dan niet officieel zo geheten afdelingen: Keuringen, Voertuigdynamica, Botsveiligheid en Verbrandingsmotoren. Vóór die tijd was er van een scheiding van taken nauwelijks sprake geweest: een medewerker werkte soms 's morgens voor keuringen en 's middags voor voertuigdynamica.

KEURINGEN: VAN KINDERZITJES TOT KENNISCENTRUM

'Keuringen' was de eerste en oudste afdeling. In overeenstemming met overheidsvoorschriften en ingevoerde wetgeving testten medewerkers van Keuringen vrijwel vanaf de oprichting fietsen en fietsonderdelen, zoals kinderzitjes, dynamo's, sloten en

verlichting, op deugdelijkheid en veiligheid. Later volgden de snelheids- en geluidsproeven bij bromfietsen. Halverwege de jaren zeventig, bij de invoering van de helmplicht, kwamen daar nog bromfietshelmen bij.

De keuringen aan helmen werden met behulp van een valtoeren uitgevoerd. De helm werd op een kunsthoofd geplaatst, waarna een valmassa met een bepaalde vorm en gewicht vanaf een voorgeschreven hoogte op de helm viel. Daarbij werden de kracht op het hoofd en de vervorming van de helm bekeken. Die moesten binnen bepaalde grenzen liggen. Later werd de situatie omgedraaid en liet men het gehelmde kunsthoofd heel gericht op een bol vallen. Daarbij werden de versnelling tijdens de botsing van het hoofd en de vervorming van de helm gemeten. De laatste test benaderde meer de realiteit.¹⁹⁸

Vanaf het midden van de jaren zestig boden fabrikanten een groeiend aantal auto's en kleine aanhangwagens en caravans ter keuring aan. Het ging hierbij om de vraag of bepaalde onderdelen aan de voorschriften voldeden. Van de auto's testten de medewerkers aanvankelijk vooral de autogordels. Vanaf het eind van de jaren zestig, toen het milieu in de belangstelling kwam, volgden er ook metingen aan uitlaatgassen. De afdeling Keuringen werkte hierbij samen met de afdeling Verbrandingsmotoren, die hielp bij het ontwikkelen van geschikte meetapparatuur.

Bij de kampeerwagens en caravans keurden de medewerkers onder meer de afmetingen, de assen, het weggedrag en de trekhaken. De keuringsapparatuur werd voor een deel door de medewerkers zelf ontworpen en gemaakt. Later kocht de afdeling de beproevingsapparatuur aan of werd het maken, soms naar eigen ontwerp, uitbesteed. Een nieuw terrein vormde het testen van airbags, die in de jaren negentig voor auto's verplicht werden gesteld. Om dat goed te kunnen doen, moest er opnieuw keuringsapparatuur worden ontwikkeld.¹⁹⁹

Bij een keuring wordt een product goed- of afgekeurd. Maar medewerkers van de afdeling waren vaak bereid om mee te denken en adviezen te geven, zodat in samenwerking met de klanten een positief resultaat kon worden geboekt. In de jaren zeventig en tachtig werd de afdeling Keuringen al in een vroegtijdig stadium door de Nederlandse overheid en later ook de Europese autoriteiten betrokken bij het opstellen van voorschriften die in voorbereiding waren.²⁰⁰ Daarbij speelden ook de afdelingen Botsveiligheid en Verbrandingsmotoren een rol. Zij waren op de hoogte van de nieuwste ontwikkelingen en konden op basis van onderzoek beproevingsmethoden en normwaarden onderbouwen. De medewerkers van 'Wegtransportmiddelen' werkten samen met de ambtenaren van de ministeries van Verkeer en Waterstaat en van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu, en ze vergezelden hen soms bij hun onderhandelingen in Brussel.

In het verlengde daarvan lag het zogeheten *witnessen* door medewerkers van Keuringen, dat in de jaren tachtig en negentig gebruikelijk werd. De klant vroeg dan aan de afdeling om toezicht te houden op een uitbestede test of een test in zijn eigen laboratorium. De medewerker moest erop letten dat de voorgeschreven procedures op de juiste wijze werden toegepast. 'Wegtransportmiddelen' behield het eindoordeel over het resultaat.

Het uitbesteden van het testen betekende overigens niet dat de eigen apparatuur werd verwaarloosd. De afdelingen die de supervisie op de elders uitgevoerde tests behielden, kregen eind 1995 het bewijs dat ze aan de ISO- en STERIN-normen voldeden.²⁰¹ Dat was nodig omdat de auto-industrie en de keuringsorganisaties om die certificaten vroegen.

De afdeling Keuringen ging behalve als testlaboratorium geleidelijk ook functioneren als kenniscentrum op het terrein van keuringsvoorschriften en -regels. Een medewerker

zette een archief op waarin alle verzamelde informatie bijeen werd gebracht. Met de komst van de computer werd de opslag van informatie gedigitaliseerd.²⁰² Tegenwoordig zijn de keuringsactiviteiten in een aparte BV ondergebracht.

VOERTUIGDYNAMICA: STABILITEIT ALS HOOFDPROBLEEM

Samen met Keuringen vormde Voertuigdynamica de basis van 'Wegtransportmiddelen'. Net als bij de eerste afdeling waren fietsen en bromfietsen de eerste objecten van onderzoek. Het ging daarbij vooral om het onderzoek naar de stabiliteit en wegligging van het vervoermiddel. Ook voerden medewerkers proeven uit op verschillende soorten (bromfiets)banden om de wegvastheid vast te stellen. De verlichting werd getest op zichtbaarheid onder verschillende hoeken en in verschillende verkeerssituaties. Een verplicht onderdeel van de verlichting werden eind jaren tachtig de reflecterende strips in de wielen en later in de banden. De afdeling deed in die tijd uitgebreid onderzoek naar de lichtweerkaatsing ervan in verschillende situaties.²⁰³

Het fietsonderzoek is verdwenen, maar de bromfiets is tot op heden op het programma van Voertuigdynamica blijven staan. Geleidelijk echter werd het belang van de auto in het onderzoek groter. Het voornaamste onderwerp hierbij was lange tijd preventief van aard en gericht op het tegengaan van het slingeren bij caravans en kleine aanhangwagens. Vooral boven windkracht zes ontstonden er gevaarlijke situaties.

Voertuigdynamica deed zowel in laboratoriumsituaties als in 'het wild' onderzoek. Bij dit laatste kwam bijvoorbeeld de in de jaren zeventig geopende Haringvlietbrug goed van pas om het slingergedrag bij forse zijwind te kunnen meten. En anders organiseerden de medewerkers zelf wel een eigen buitenlocatie: op een afgesloten wegvak buiten het laboratorium gebruikten ze vijf speciaal voor dit doel gebouwde windmachines, die gezamenlijk een flinke storm konden produceren.²⁰⁴ De proeven resulteerden in adviezen over het motorvermogen van de trekauto, de vorm en het gewicht van de caravan en de koppeling tussen trekauto en caravan.

In het verlengde hiervan lag het onderzoek naar de schuivende lading van vracht-auto's in de jaren tachtig. Vooral wanneer opgerolde lading als rollen papier of metaalplaat ging schuiven, konden er gevaarlijke situaties ontstaan. Medewerkers van de afdeling ontwierpen stevige kabels waarmee de rollen deugdelijk konden worden vastgelegd.

Samen met Keuringen werkte de afdeling in de jaren tachtig mee aan een project om rolstoelen te verbeteren en gehandicapten meer mobiel te maken. In opdracht van enkele ministeries, maatschappelijke organisaties en het Instituut voor Revalidatieonderzoek werd een rolstoel ontworpen die in de auto kon worden gezet. De gehandicapte kon dan met de aangepaste auto de weg op, bijvoorbeeld naar zijn werk.²⁰⁵

Vanaf 1985 startte Voertuigdynamica enkele grote onderzoeksprojecten samen met het Instituut voor Zintuigfysiologie (IZF) van TNO. Het ging bij al deze projecten om de interactie tussen de bestuurder en het voertuig en de gevolgen daarvan voor de controle over het voertuig. Het onderzoek spitste zich toe op drie punten: controle houden onder moeilijke omstandigheden, de ergonomie van de auto en de invloed van de weg en omgevingsfactoren.

De proefnemingen waren bijzonder omdat de medewerkers hierbij voor het eerst computersimulaties toepasten. Dit was mogelijk door met technische hulpmiddelen verkeerssituaties te creëren die te manipuleren waren. Door een stuurmachine te gebruiken, kon zo de invloed van de menselijke bestuurder worden uitgeschakeld. Windmachines waren in staat sterke zijwind te veroorzaken. Waterstaatsingenieurs

gebruikten de resultaten om bijvoorbeeld veiliger op- en afritten te ontwerpen. De samenwerking met het IZF werd voortgezet bij het Driveproject, waarbij opnieuw de interactie tussen weg, voertuig en bestuurder centraal stond. Een onderdeel betrof het ontwerp van een 'intelligent' gaspedaal dat de bestuurder via langs de weg geplaatste apparatuur op een aan de verkeersomstandigheden aangepaste veilige snelheid houdt. Het is een stap in de richting van een auto die op 'elektronische rails' rijdt.²⁰⁶

Een in de jaren negentig gestart project was het onderzoek naar banden in verband met wegvastheid. Op de Technische Universiteit Delft had de Vakgroep Voertuigtechniek een wiskundig model ontwikkeld dat het gedrag van banden bij het rijden op de weg beschreef. 'Wegtransportmiddelen' maakte daarvan vervolgens een handzaam softwareprogramma en bracht dat op de markt. Bij het model waren gegevens van bandparameters nodig, die met een bandenmeetwagen van de TU Delft werden bepaald en aan de softwaregebruikers werden geleverd. Deze meetwagen kwam later bij 'Wegtransportmiddelen' in beheer en werd gemoderniseerd. Het zogeheten DELFTTYRE-project loopt tot op heden door.²⁰⁷

Een fraai voorbeeld van het stabiliteitsonderzoek is de bijdrage van TNO aan Electronic Stability Control (ESC), waarover in de volgende paragraaf meer.

ONDERZOEK AAN BLOKKERENDE WIELEN

Het blokkeren van wielen bij hard remmen is de oorzaak van tientallen ongevallen in het verkeer, omdat de automobilist de controle over zijn auto verliest. Het Antilock Braking System (ABS) voorkomt dit blokkeren. Het bestaat uit een centrale elektronische eenheid die verbonden is met vier magnetische snelheidssensoren en een elektronisch aangestuurde hydraulische eenheid die in het remsysteem van de auto opgenomen is. Via de sensoren controleert de elektronica voortdurend de snelheid van de wielen.²⁰⁸

Wanneer een van de sensoren aan de eenheid doorgeeft dat de omtreksnelheid van het door hem gecontroleerde wiel aanmerkelijk lager is dan de voertuigsnelheid, geeft die aan de ventielen het signaal om de remdruk op dat wiel te verminderen. Het wiel gaat dan weer sneller draaien, waardoor het gevaar van blokkeren wordt opgeheven. Deze gang van zaken, het zogeheten pompend remmen, wordt door de elektronica gestuurd en binnen korte tijd een aantal malen herhaald tot de auto tot stilstand komt.

Een uitgebreider systeem is de zogenaamde Electronic Stability Control (ESC). Het is een actief systeem dat het weggedrag van een auto onder slechte omstandigheden gedeeltelijk kan beïnvloeden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van het selectief activeren van remmen en het ingrijpen in andere systemen, zoals de aandrijving. Twee sensoren zijn van groot belang: een sensor die de stuurhoek meet en een gyroscopische sensor voor het meten van de rotatie en versnelling van het voertuig. Samen met de aangepaste hydraulica zorgen ze ervoor dat de auto de goede koers houdt. Het ESC werkt als volgt: De gyroscopische sensor merkt dat de auto een richting neemt die afwijkt van die welke de stuurhoeksensor aangeeft. Het systeem zal afhankelijk van de situatie (het zogenaamd onder- of overstuur) bepaalde wielen afremmen waardoor deze de auto een duwtje in de goede richting geven, totdat de auto weer in de richting rijdt die de bestuurder aangeeft.²⁰⁹

Uit een Amerikaans onderzoek uit 2004 bleek dat ESC het aantal aanrijdingen met 35% verminderde. Andere onderzoeken vermeldden dat het gebruik van ESC in alle auto's het aantal dodelijke slachtoffers in de Verenigde Staten met circa 7000 zou terugbrengen. Het totaal aantal dodelijke ongelukken zou met 43% verminderen, en dodelijke zogeheten één-auto-ongelukken zelfs met 56%. De invoering van ESC zou de belangrijkste verbetering op het gebied van autoveiligheid zijn na de invoering van autogordels en airbags.²¹⁰

Er wordt ondertussen hard gewerkt aan verdere verbeteringen. Ook TNO levert hieraan een bijdrage. Er werd een type ESC ontwikkeld waarbij de rem samenwerkt met een elektronisch geregelde wielophanging. Audi stelde een auto beschikbaar voor rijtests. Met de resultaten van de testritten als basis was het mogelijk computersimulaties te maken en aan modelvorming te doen.

Het onderzoek was bedoeld om een dimensie aan ESC toe te voegen, naast de sensormetingen aan wielsnelheid, stuurwielhoek, voertuigrotatie en versnelling, namelijk het vaststellen van de drifthoek van de auto. Die hoek wordt bepaald door de verhouding tussen de voorwaartse en de zijwaartse voertuigsnelheid. Het driften van een auto is de neiging om bij het maken van scherpe bochten met de achterzijde dwars op de rijrichting te komen. 'Uitbreken' is een ander woord hiervoor.

De hoek van 'uitbreken' is niet goed te meten, maar kan via de sensoren van het ESC, gekoppeld aan de modellen van TNO, nauwkeurig worden geschat. Dat is in talloze praktijkproeven nagegaan. Behalve de geschatte drifthoek kan door koppeling van de sensoren en de TNO-modellen de gladheid van de weg worden geschat. Hoe de auto theoretisch zou reageren op basis van het model van TNO, wordt in een elektronische regeleenheid 100 keer per seconde berekend.²¹¹ Deze uitkomsten worden vergeleken met de gegevens van de sensoren. De gladheid en de drifthoek zijn te bepalen met het verschil tussen de sensoren en het model. In de regeleenheid van het ESC kunnen de drifthoek en de gladheidswaarde worden gebruikt om de aansturing van de auto te verbeteren. Met het opnemen van de drifthoek van de auto is het systeem nauwkeuriger geworden. Leveranciers en fabrikanten zijn geïnteresseerd in de deelresultaten van het onderzoek, omdat het auto's veiliger kan maken.

Om de resultaten van het onderzoek op de markt te kunnen brengen, is elk project aan een *business case* gekoppeld. De projectmanager krijgt hulp van een commercieel team dat meedenkt over de wijze waarop de vinding op de markt is te brengen. Samen ontwikkelen ze een stappenplan en definiëren ze de onderzoeksdoelstellingen om de gewenste innovaties te verwezenlijken. Het ESC-onderzoek is opgenomen in het programma van Vehicle Sensors and Control.²¹²

VERBRANDINGSMOTOREN: ZOVEEL MOGELIJK GROENE OPLOSSINGEN

Verbrandingsmotoren was weer een andere afdeling van 'Wegtransportmiddelen'. De opname in de TNO-organisatie kwam voor de afdeling op het goede moment. Bij de verhuizing van 1971 kreeg de kleine afdeling met drie medewerkers een goed uitgerust laboratorium, met onder andere een rollenbank en apparatuur voor de analyse van uitlaatgassen.²¹³ De energiecrisis van eind 1973 trof de afdeling als het ware in de startblokken aan. In de eerste *Energienota*, een jaar later opgesteld door minister Ruud Lubbers van Economische Zaken, kwamen twee kernbegrippen naar voren: energiebesparing en milieu. Met deze twee woorden kan tevens een groot deel van het onderzoek van Verbrandingsmotoren worden gekarakteriseerd.

In de jaren zeventig groeide de afdeling snel, van drie tot dertig medewerkers begin jaren tachtig. Het tekende ook het belang van Verbrandingsmotoren, dat in die tijd onderzoek deed naar alternatieve brandstoffen voor de vervuilende en oprakende aardolie. LPG, een restproduct van de olieraffinage, was een goed en goedkoop alternatief. In opdracht van Shell en de gemeente Amsterdam deden medewerkers onderzoek naar het gebruik van LPG voor stadsbussen. De studie slaagde en er werd een LPG-versie (en later ook een aardgasversie) van een DAF-busmotor ontwikkeld.

Bij een bezoek met een LPG-bus aan de Parijse Transport EXPO in 1977 wist de afdeling ook in het buitenland de aandacht te trekken. Dit leidde onder meer tot

samenwerking van 'Wegtransportmiddelen' met het vervoerbedrijf van de stad Wenen, die enkele honderden LPG-bussen liet bouwen, en met het Algerijnse staatsbedrijf Sonatrach. Dat had vooral belangstelling voor LPG-taxi's, maar ook andere auto's werden omgebouwd voor het gebruik van LPG. Midden jaren tachtig volgde er nog een groot project in Bangladesh, waar de regering bussen, auto's en vrachtauto's liet ombouwen voor aardgas. In tegenstelling tot olie was aardgas in het land zelf aanwezig.²¹⁴

Een uitvloeisel van deze projecten was de ontwikkeling van een elektronisch gestuurd gasinjectiesysteem voor bedrijfswagenmotoren op LPG en aardgas in de jaren negentig. Het systeem werd op relatief grote schaal aan de industrie verkocht. Dit commerciële succes leidde ten slotte tot de zelfstandigheid van een deel van de afdeling in het bedrijf Deltec, dat dergelijke producten aan de industrie kon leveren.²¹⁵

Andere alternatieve brandstoffen waar de afdeling veel onderzoek naar deed, waren ethanol en methanol. Begin jaren tachtig was de ontwikkeling van een optische alcoholsensor een succesvolle activiteit. Deze sensor mat de elektrische geleidbaarheid van een benzine/methanol- of benzine/ethanolmengsel en stemde daar vervolgens de motor op af. Met dit alles-in-één-tankprincipe was heel goed te rijden, ontdekte de afdeling Verbrandingsmotoren. Deze ontwikkeling gaf het instituut veel goede publiciteit, maar leidde niet tot commercieel succes. Enerzijds nam de belangstelling voor alcohol als brandstof snel af. Anderzijds kwamen de digitale regeltechnieken opzetten, waardoor de relatief dure lineaire sensor van 'Transportmiddelen' niet meer nodig was.²¹⁶

Bij de experimenten met LPG-bussen in het openbaar vervoer haakte het Amsterdams Vervoerbedrijf uiteindelijk uit veiligheidsoverwegingen af. Ook DAF had de ontwikkeling van zware op LPG-rijdende motoren stopgezet. De hoge ontwikkelingskosten wogen niet op tegen de verkoopaantallen die men verwachtte te halen. De kosten waren hoog vanwege de ontwikkeling die nog nodig was om een betrouwbare motor met een lange levensduur (vergelijkbaar met hun dieselmotor) te realiseren. Een gasmotor kent een andere (onder andere thermische) belasting dan de dieselmotor, die DAF al jaren produceerde.

Het onderzoek naar brandstofdiversificatie ging overigens wel door, want voor de afdeling stond het vast dat de aardolievoorraad eindig was en dat alternatieven nodig waren. Samen met andere onderzoeksgroepen binnen TNO werd er naar een goed functionerende brandstofcel gezocht.²¹⁷ In de jaren negentig kwam het onderzoek naar de hybride aandrijving op gang, waarbij een benzine- en een elektromotor met een accu van voldoende capaciteit als krachtbron functioneren. De accu wordt onder het rijden opgeladen door een generator die door de benzinemotor wordt aangedreven. De accu kan energieoverschotten opslaan en bijspringen bij tekorten. Het hybridesysteem zorgt voor een betere energiehuishouding van de auto en bevordert dus een lager energieverbruik.

Vanaf het midden van de jaren tachtig deed 'Wegtransportmiddelen' veel onderzoek naar dieselmotoren. Dit vond plaats in een nieuw Motoren- en Emissielaboratorium (MEL), waar de rollenbanken met proefstanden rondom een centrale meetkamer zijn gegroepeerd. Het MEL werd door minister Nijpels van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) geopend.²¹⁸ Zijn aanwezigheid liet zien dat de aandacht van de overheid voor een schonere lucht blijvend was.

In het laboratorium voerde Verbrandingsmotoren tal van opdrachten uit voor de industrie en de overheid (onder andere het ministerie van VROM en de Rijksdienst voor het Wegverkeer). Er werd onderzoek gedaan naar emissies, vermogens en het verbruik van diesel- en benzinemotoren. Een speciaal project dat in de jaren negentig begon en dat tot op heden doorloopt, is de bijdrage aan de ontwikkeling van een schonere dieselmotor voor DAF-vrachtwagens.²¹⁹

DAF TEGEN LUCHTVERVUILING

De ontwikkeling van motortechnologie bij vrachtautofabrikanten wordt hoofdzakelijk bepaald door de emissiewetgeving en het brandstofverbruik. Dit is ook het geval bij de dieseltrucks van DAF. Sinds de invoering van de emissiewetgeving in 1992 is de uitstoot van stikstofoxiden (NOx) en roetdeeltjes drastisch gereduceerd. Na de eeuwwisseling ging deze ontwikkeling in versneld tempo door. Ten opzichte van de Euro-3 norm van 2000 wordt er in 2008 (Euro-5) uiteindelijk een vermindering van 60% en 80% van respectievelijk NOx en roetdeeltjes gerealiseerd. Fabrikanten als DAF, die voor de technologie van Selective Catalytic Reduction (SCR)-deNOx hebben gekozen, voldoen aan deze norm. Bijkomend voordeel van deze SCR-deNOx-technologie is dat de motor zuinig afgesteld kan worden.²²⁰

In het SCR-proces wordt een vaste stof of vloeistof aan het uitlaatgas toegevoegd. Deze stof hecht zich aan de katalysator en reageert met de stikstofdioxiden. Het resultaat is dat die schadelijke oxiden in water en stikstof worden omgezet. Voor de reactie zijn onder meer ammoniak en ureum bruikbaar. Ammoniak voldoet het beste, maar kent nadelen als giftigheid en stank. Ureum, dat zijn naam ontleent aan urine waaruit het voor het eerst werd gezuiverd, kent die nadelen minder en ontleedt eenvoudig tot ammoniak.

Met ureum zijn zeer hoge NOx-reductiewaarden, tot wel 80-90%, te bereiken. Op dit moment is ureum onder de naam AdBlue op de markt verkrijgbaar. Deze waterige oplossing bevat 32,5% van deze stof, die in de uitlaat voor de katalysator wordt geïnjecteerd en omgezet in ammoniak. Deze ammoniak breekt NOx over de katalysator af tot onschadelijke stoffen.²²¹ De ureumkatalysator heeft ook nadelen. De chauffeur moet ureum tanken, anders doet de katalysator niets. Ureum is verder een rare stof, die overal doorheen kruipt. De samenwerking met TNO is ook wat betreft dit laatste aspect van belang.

Er volgen spannende jaren om te zien of het systeem in de praktijk werkt. Vooral de logistiek is hierbij van groot belang. Het gaat maar om kleine hoeveelheden ureum, die voor tankstations niet van veel belang zijn. De ureum distributie moet goed worden geregeld via afspraken met oliemaatschappijen en chemische bedrijven. Er is een website met informatie waar in Europa ureum getankt kan worden.²²²

DAF was in de jaren negentig wereldwijd een van de eerste bedrijven die onderzoek naar deze technologie deden. TNO mocht dat ondersteunen. De inbreng betrof de keuze van systeemcomponenten en intelligente AdBlue-doseerstrategieën, waarop TNO inmiddels een patent heeft verkregen. Daarnaast zijn er veel praktijktests uitgevoerd om de betrouwbaarheid en levensduur te kunnen garanderen.

De ontwikkeling van de emissiewetgeving gaat door. In Brussel wordt op dit moment al druk gepraat over de Euro-6-emissienorm, die rond 2012 geïntroduceerd zal worden. Dit betekent dat onderzoek naar motoren en de nabehandeling van uitlaatgas via katalysatoren en roetfilters doorgaat. Daarbij zal de trend van het toenemende belang van elektronica in de motor beslist toenemen.

Sinds 2004 werkt DAF aan de volgende generatie motoren voor vrachtauto's. Doelstelling is de uitstoot van NOx en roetdeeltjes van een Paccar MX-motor met 50 tot 75% ten opzichte van het Euro-5 (2008) niveau te reduceren. Dat is nodig om te kunnen blijven voldoen aan toekomstige emissierichtlijnen. Grote uitdaging hierbij is om het brandstofverbruik gelijk te houden of zelfs te verbeteren. TNO's inbreng ligt hierbij vooral op het gebied van de regeling van motoren, aandrijflijnen en de nabehandeling van uitlaatgassystemen.²²³

Een autofabrikant doet het ontwikkelingstraject van een nieuwe motor altijd zelf en

bekijkt of hij sommige deelprojecten kan uitbesteden. Daarvoor kan hij terecht bij gerenommeerde instituten in Europa en de Verenigde Staten, die vaak veel groter zijn dan 'Wegtransportmiddelen'. Hij kiest altijd voor de economisch meest gunstige en inhoudelijk meest geschikte toeleverancier. In het geval van DAF is TNO een van de toeleveranciers en dat zegt iets over het kennisniveau en de concurrentiepositie van 'Wegtransportmiddelen'.

DAF en TNO werken al jaren samen, aanvankelijk op ad-hocbasis, vanaf de jaren tachtig op basis van programma's. DAF is over de resultaten van die samenwerking 'best tevreden'. Er komen 'goed bruikbare methodieken uit, die wij verder ontwikkelen', zo vat DAF de gezamenlijke research samen.²²⁴

BOTSVEILIGHEID: SPECTACULAIR EN EFFECTIEF

Weinig proeven zijn zo aansprekend en het gevolg zo duidelijk als een auto die met grote vaart tegen een betonblok botst. De klap, de rondvliegende onderdelen en het gebutste wrak dat overblijft maken indruk. Zeker wanneer daar enkele cijfers bij worden geplaatst.

In het begin van de jaren vijftig bedroeg het jaarlijkse aantal verkeersdoden in Nederland ongeveer 1000 per jaar. Tien jaar later was dit verdubbeld. Begin jaren zeventig lag het aantal doden in het verkeer rond de 3000 per jaar. Dat leidde tot een reactie. In 1974 werd rijden onder invloed strafbaar gesteld. Een jaar later kwam de draagplicht voor bromfietshelmen en in 1975 werd het dragen van autogordels voorin verplicht gesteld. Vier jaar later gold dit ook voor de achterbank. De resultaten bleven niet uit. In 1980 waren er minder dan 2000 doden per jaar.²²⁵ Dit aantal is, ondanks het voortdurend toenemen van het autogebruik, daarna gestaag verder gedaald tot ongeveer 850 doden.

De afdeling Botsveiligheid telde bij het opgaan in TNO in 1970 vier medewerkers. Zij voerden in hoofdzaak keuringen uit aan autogordels en kinderzitjes met dummy's als testmateriaal. Het duo Olivier en Pinokkio is al genoemd. De afdeling speelde een belangrijke rol bij het opstellen van Europese keuringsvoorschriften voor onder meer gordels en zitjes. Na jarenlange voorbereidingen, waarbij diverse proefstations in het buitenland werden bezocht, kon in 1979 een zogenaamd *full-scale* botslaboratorium in gebruik worden genomen. Het aandrijfmechanisme van de botsbaan was overgenomen van het laboratorium van Ford in Keulen. De apparatuur en de baan zelf waren zo robuust dat zelfs zware vrachtauto's konden worden getest.

Grote opdrachten van de overheid en het bedrijfsleven bleven echter uit. De bezettingsgraad bleef, mede door onvoldoende interne opdrachten, te laag.²²⁶ In 1982 kwam de vraag naar voren of stoppen wellicht beter was. Met aangepaste faciliteiten besloot men evenwel door te gaan. Twee jaar later was de situatie echter niet verbeterd. Botsveiligheid besloot vervolgens zich te concentreren op opdrachten van derden, voornamelijk autofabrikanten. Dat pakte goed uit. Het aantal opdrachten steeg sprongsgewijs van 17 in 1984 via 51 vier jaar later tot 140 in 1994. Het 'botslab' telde toen 35 medewerkers. In 1988 bracht koningin Beatrix samen met minister Kroes van Verkeer en Waterstaat in het kader van een project over verkeersveiligheid een bezoek aan het inmiddels succesvolle botslaboratorium.²²⁷

Dummy's, met apparatuur uitgeruste en zo menselijk mogelijke poppen, speelden altijd een belangrijke rol bij Botsveiligheid. De afdeling nam begin jaren tachtig het initiatief bij de ontwikkeling van dummy's die bij het botsproevenonderzoek in verschillende Europese laboratoria konden worden ingezet, onder andere voor zijdelingse botsproeven. In Delft nam men onder meer het buikdeel van deze dummy voor zijn rekening. In 1985 was er een prototype gereed: de European Side Impact

Dummy (Eurosid). Vier jaar later was de definitieve versie - Eurosid-1 - gereed. Botsveiligheid zag commerciële mogelijkheden. Er kwam een verkoper en later zelfs een marketingafdeling en samen met een Brits bedrijf werden Eurosid-1 en zijn opvolgers in serie gemaakt en vervolgens geleverd aan autofabrikanten en onderzoeksinstellingen over de hele wereld. Botsveiligheid gaf ook trainingen en service aan de gebruikers.

De verkoop van de dummy's leverde zoveel inkomsten op dat de afdeling met dit geld de ontwikkeling van de andere dummy's, onder meer uit de Pinokkio-kinderserie, kon financieren. In 1994 werden de verkoop, service en trainingsactiviteiten in een zelfstandig bedrijfsonderdeel ondergebracht. Dat verkocht ook dummy's van een groot Amerikaans bedrijf in Europa. Twee jaar later werd die eenheid omgezet in een zelfstandig bedrijf: TNO Crash Dummies BV. Deze onderneming werd in 1999 samen met het Britse zusterbedrijf verkocht aan het Amerikaanse First Technology Safety Systems (FTSS). 'Wegtransportmiddelen' ging voor FTSS, de marktleider op dit terrein, onderzoek uitvoeren.²²⁸

MADYMO

En dan was er nog MADYMO, het eerdergenoemde *Mathematical Dynamical Model*, het computerprogramma voor het simuleren van wat er met personen en voertuigen kan gebeuren bij botsingen. Het is ook het programma waarmee 'Wegtransportmiddelen' bekend is geworden. Het werk hieraan begon in 1972, toen twee studenten van de Technische Universiteit Delft over dit onderwerp hun afstudeerscriptie schreven. Met subsidie van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) werd het programma verder ontwikkeld.

Eind jaren zeventig verschenen de eerste wetenschappelijke publicaties over MADYMO. Enkele jaren later nam 'Wegtransportmiddelen' het besluit om een folder te publiceren en cursussen te organiseren over het gebruik van het programma. Dit leidde in 1983 tot de verkoop van de eerste twee licenties van MADYMO.²²⁹

In de daaropvolgende jaren werd het *crash victim simulation model*, zoals een andere naam voor MADYMO luidt, verder ontwikkeld. Dit gebeurde in hoofdzaak door de in 1984 opgerichte sectie Onderzoek. De medewerkers van deze sectie hielden zich bezig met het onderzoek naar beschermende voorzieningen bij een ongeval met het doel de lichamelijke gevolgen zoveel mogelijk te beperken. Het onderzoek is toegespitst op bescherming tegen zogeheten stootvormige belastingen, die het gevolg zijn van botsingen.

Met de komst van computers met een grote rekencapaciteit in de jaren negentig werd het ook mogelijk om zogeheten *vehicle crash simulations* uit te voeren.²³⁰ De sectie Onderzoek werd daarna in twee delen opgesplitst: Letselbiomechanica, een sectie zich bezig hield met wat een mens tijdens een botsing overkwam, en Botsveiligheid, die hetzelfde deed met het voertuig. Dit onderzoek wordt in belangrijke mate uitgevoerd in samenwerking met de Technische Universiteit Eindhoven.²³¹

De verkoop van MADYMO-licenties was zeer succesvol en is inmiddels in een BV ondergebracht. Er zijn agentschappen voor de verkoop in Japan, Korea, India en Australië en meer recent China. In de Verenigde Staten was er een Madymo-kantoor dat zich met verkoop, training en service bezig hield. Het programma wordt gebruikt voor simulaties van vliegtuig-, spoorweg- en sportongevallen. Zelfs rechtbanken gebruiken het bij waarheidsvinding.²³²

RECENTE ONTWIKKELINGEN

De laatste circa tien jaar werd er bij 'Wegtransportmiddelen' nogal wat gereorganiseerd. Vergeleken met andere TNO-onderdelen is de structuur echter grotendeels in

stand gebleven. In een aantal gevallen betrof het de naamgeving, waarbij er inhoudelijk niet veel veranderde. Zo ging de afdeling Verbrandingsmotoren Powertrains Department heten. Dit moest duidelijk maken dat er behalve aan verbrandingsmotoren ook aan andere vormen van voertuigaandrijving, zoals hybride aandrijvingen, onderzoek werd gedaan.

In 1998 werd de naam TNO Wegtransportmiddelen in TNO Automotive gewijzigd. Die naam was aansprekender voor de internationale auto-industrie. De Nederlandse benaming 'Wegtransportmiddelen' bleef tot 2005 gehandhaafd, toen het onderzoek onder de naam Business Unit Automotive onderdeel werd van het nieuw gevormde kerngebied TNO Industrie en Techniek.²³³ De groep telde toen meer dan 200 medewerkers en had een omzet van ongeveer 21 miljoen euro (zie tabel 7.1). Vanaf 2011 is er sprake van het hoofdthema Mobiliteit.

Ook geografisch werd er gereorganiseerd. Initiatiefnemer was het Automotive Technology Centre in Eindhoven. Dit in 2002 tot stand gekomen samenwerkingsverband van de auto-industrie, TNO en de Technische Universiteit Eindhoven stelde zich ten doel de onderzoeksfaciliteiten op het gebied van de auto-industrie te concentreren in Zuidoost-Nederland. In deze regio is de bedrijfstak in hoofdzaak gevestigd.

Een eerste resultaat was de bouw in Helmond van het eind 2003 geopende VEHIL-laboratorium. Hier wordt onderzoek verricht aan intelligente voertuigsystemen.²³⁴ TNO nam kort daarna het besluit vrijwel de gehele Business Unit Automotive over te plaatsen naar Helmond, waar een nieuw onderzoekscomplex is verrezen.

Het onderzoek van 'Wegtransportmiddelen' vertoont een duidelijke ontwikkeling. In de beginperiode domineerden het testen en in mindere mate de ontwikkeling. Vanaf de

Tabel 7.1: De omzet en het aantal medewerkers van de Business Unit Automotive in 2006

	OPDRACHTEN IN MILJOEN EURO'S	OVERHEIDSFINANCIERING IN MILJOEN EURO'S	AANTAL MEDEWERKERS
Powertrains	6,0	2,1	49
Homologation*	4,3	0	22
Safety	4,1	1,7	27
Advanced Chassis and Transport Systems	3,7	3,5	47
Crashtest**	3,3	0	43
Overhead	0,1	0	27
TOTAAL	21,5	7,3	215

Bron: Interne Jaarrekening TNO-Automotive 2006. Met dank aan M. Schraivesande voor de verstrekking van de cijfers.

* Homologation was het vroegere Keuringen en is tegenwoordig ondergebracht in een BV.

** Crashtest is tegenwoordig ondergebracht in een BV, die een joint venture is van TNO en TUV Rheinland.

jaren tachtig is de nadruk komen te liggen op ontwikkeling en onderzoek. Sommige van die laatste activiteiten hebben het karakter van universitair onderzoek, andere lijken meer op het onderzoek dat een R&D bedrijfslaboratorium uitvoert.

Het doen van keuringen en tests is echter altijd van belang gebleven en tegenwoordig ondergebracht in een aparte BV. 'Wegtransportmiddelen' is ook een van de voorlopers geweest bij TNO waar het gaat om het onderbrengen van commerciële producten (zoals MADYMO) en diensten (bijvoorbeeld het testen) in BV's. Dergelijke activiteiten vragen om een andere bedrijfscultuur en marktbenadering dan onderzoek en ontwikkeling.

De verschuiving van het testen naar onderzoek en ontwikkeling is goed te zien bij de afdeling Verbrandingsmotoren, tegenwoordig Powertrains geheten. Verbrandingsmotoren testte jarenlang motoren op uitlaatmissies, vooral in opdracht van diverse overheidsinstellingen. Onder invloed van de energiecrisis van 1973 begon de afdeling met onderzoek naar alternatieve brandstoffen als LPG. Dit onderzoek gebeurde zowel in opdracht van de overheid als van particuliere ondernemers, waaronder de oliemaatschappijen.

De afdeling heeft in verschillende secties het onderzoek naar alternatieve brandstoffen en uitlaatmissies voortgezet. Mede daardoor neemt TNO tegenwoordig - nu alternatieve brandstoffen door de milieuproblemen en stijgende prijzen opnieuw sterk in de belangstelling staan - op technisch-wetenschappelijk terrein een sterke tot zeer sterke positie in.²³⁵ De grote aandacht voor gasachtige brandstoffen heeft echter wel geleid tot een verwaarlozing van onder meer synthetische en biologische brandstoffen, hetgeen de marktpositie niet op alle punten even sterk maakt, zo stelt een externe commissie van experts.²³⁶ Op het gebied van emissies neemt TNO in zekere mate een monopoliepositie in. Dat brengt ook een gevaar met zich mee, namelijk een zekere mate van zelfgenoegzaamheid, achterblijvende investeringen in nieuwe apparatuur, onderbenutting van marktmogelijkheden of minder aandacht voor de klant.

In veel opzichten zijn de onderzoeksresultaten van de Powertrains-secties waarschijnlijk vergelijkbaar met die van universitaire onderzoeksinstituten of geavanceerde bedrijfslaboratoria. Wel is het zo dat de universitaire instituten, waarmee de secties overigens nauw samenwerken, meer verkennend onderzoek verrichten. Het onderzoek van Mobiliteit blijft meer gericht op toepassing en ontwikkeling.

Een vraagstuk dat momenteel speelt, is de focus van Mobiliteit. Moet deze afdeling nog steeds een groot aantal producten en diensten blijven aanbieden? Of zou ze een sterke en intensieve band met grote opdrachtgevers uit de autobranche moeten opbouwen? In dat laatste geval is een grotere zichtbaarheid en een sterker imago noodzakelijk. Bovendien vereist het een concentratie op een aantal technische deelterreinen waarop Mobiliteit kan excelleren. Zaken als styling en motorontwerp kunnen dan beter aan de autofabrikant worden overgelaten. Daarentegen zijn de 'witte vlekken', zoals onderzoek naar lawaai en trillingen, temperatuurbeheersing, comfort en de interactie tussen mens en machine, interessante uitdagingen. Een aantal *enabling technologies*, zoals het onderzoek aan materiaaleigenschappen en -toepassingen en het ontwikkelen van testtrajecten, zou eveneens thuis kunnen horen in het technische aanbod. Samenwerking met andere TNO-groepen en onderzoeksinstellingen buiten TNO kan de positie van het onderzoek verder versterken.²³⁷

Hans Schippers

DEEL II: WELVAART EN WELZIJN

‘Wel nooit hebben wij allen zó sterk de betekenis van een goede voeding voor ons welzijn beseft als toen we in de oorlogsjaren gebrek leden’, zo begint het hoofdstuk over voeding in het gedenksboek dat verscheen bij het vijftienvigjarig jubileum van TNO.¹ Na het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog waren thee, koffie, brood en bloem vrijwel direct op de bon gegaan. Zij werden spoedig gevolgd door vetten, vlees, eieren, koek en gebak. Boeren kregen de opdracht weidegrond om te ploegen en geschikt te maken voor akkerbouw. Zelfs parken waren in gebruik voor de graanproductie om zo de schaarste aan brood het hoofd te bieden. Er verschenen surrogaten op de markt: cichorei voor koffie, kunsthoning voor echte honing, et cetera. Gedurende de oorlogsjaren waren er over het algemeen geen ernstige tekorten opgetreden. Integendeel, de Nederlandse bevolking bleef lange tijd redelijk gevoed. Die situatie veranderde echter dramatisch aan het einde van 1944. De bezetter had de aanvoerlijnen van voedsel naar het westen afgesneden. In bezet Nederland, vooral in de grote steden, werd op grote schaal honger geleden.

In mei 1940, de maand dat de oorlog begon, was de Voedingsorganisatie TNO opgericht. Veel zou zij in de oorlogsjaren nog niet kunnen uitrichten. Toch is het opmerkelijk hoeveel onderzoek er in die tijd al werd opgestart, onder andere naar vetten, vitaminen en rogge (het belangrijkste broodgraan in de oorlog). Ook werkte de organisatie mee aan de eerste Nederlandse voedingstabel.² De tabel gaf voor liefst 129 voedingsmiddelen het gehalte aan calorieën, koolhydraten, eiwit, vet, calcium, fosfor, ijzer en verschillende vitaminen. Een voorlopige tabel zag reeds in 1941 het licht; ze werd zelfs succesvol ingezet bij de onderhandelingen met de bezetter over de voedsel-distributie in Nederland.³

De Organisatiecommissie Gezondheidstechniek TNO begon eveneens tijdens de oorlog met haar werkzaamheden. Zij zou in 1949 opgaan in de Gezondheidsorganisatie TNO. Ook dit onderdeel van TNO kon aanvankelijk niet veel betekenen voor de ontreding waarin de gezondheidszorg in en kort na de oorlog verkeerde. De gezondheidstoestand van de bevolking was aan het eind van de oorlog enorm verslechterd. De kindersterfte was fors toegenomen en tuberculose, tyfus en difterie heersten weer alom. Oorlogsslachtoffers vereisten medische zorg. Ziekenhuizen waren overbelast, terwijl veel ziekenhuisbedden verloren waren gegaan.

Wat de oorlog opnieuw duidelijk had gemaakt, was hoezeer de kwaliteit van het leven samenhangt met een stabiele, moderne samenleving. Sinds 1870 was de gemiddelde levensverwachting in Nederland gestaag toegenomen: van 35 à 40 jaar tot ongeveer 71 jaar rond 1950. De grafiek liet echter in twee periodes een sterke terugval zien van circa tien jaar: de jaren van de beide wereldoorlogen. Dat hing niet zozeer samen met het aantal oorlogsslachtoffers, maar vooral met het functioneren van allerlei voorzieningen en systemen.

Twee factoren waren tot het midden van de twintigste eeuw in grote mate verantwoordelijk voor de verbetering én de terugval van de levensverwachting geweest, namelijk de voedselsituatie en de hygiënische voorzieningen, met name de aanleg van drinkwater- en rioleringsstelsels. Zij bepaalden voor een belangrijk deel de conditie

van de bevolking en haar kwetsbaarheid voor epidemische ziekten. Andere factoren die meespeelden, waren huisvesting en arbeidsomstandigheden. De ontwikkeling in de geneeskunde had tot de Tweede Wereldoorlog een beperkte invloed. Zij zou vooral daarna van doorslaggevend belang worden.

Intussen was de nationale overheid zich in toenemende mate gaan bemoeien met de gezondheid en het welzijn van de Nederlander. Zo keurde de Tweede Kamer in 1919 een Warenwet en een Vleeskeuringswet goed. Een reeks van surrogaten en gezondheidsbedreigende praktijken tijdens de Eerste Wereldoorlog had de dringende noodzaak van wetgeving en controle (via de Keuringsdiensten) eens te meer aangetoond. Al eerder waren onder andere de Arbeidswet (1889), de Woningwet (1901) en de Gezondheidswet (1901) tot stand gekomen. De wetten gaven aan waar de bemoeienis van de overheid vooral uit bestond. Het ging om de preventie in de gezondheidszorg, dat wil zeggen de factoren die de volksgezondheid indirect beïnvloeden, zoals voeding, hygiëne en arbeid.

De oprichting van de Voedingsorganisatie TNO en de Gezondheidsorganisatie TNO waren dus niet het gevolg van de Tweede Wereldoorlog. Zij waren de resultante van al langer lopende ontwikkelingen op het gebied van de volksgezondheidszorg. De geschiedenis van deze twee Bijzondere Organisaties van TNO, twee belangrijke wortels van het huidige hoofdthema 'Gezond Leven', is het onderwerp van deel II van dit boek. Welke ontwikkelingen leidden tot hun oprichting? Wat voor type onderzoek deden zij? Was hier ook sprake van collectieve research en contractresearch? In hoeverre werden organisatie en beleid beïnvloed door de algemene debatten over TNO? Wat was de maatschappelijke relevantie van hun activiteiten? Op welke wijze droegen zij bij aan de verbetering van de volksgezondheidszorg in Nederland?

In de eerste hoofdstukken van dit deel besteden wij aandacht aan de Voedingsorganisatie TNO en haar opvolgers. Vervolgens komt de Gezondheidsorganisatie TNO en haar verdere ontwikkeling aan de orde. We sluiten af met het integratieproces van het voedings- en gezondheidsonderzoek.

DE OPRICHTING VAN DE VOEDINGSORGANISATIE TNO (1940)

Al lang voor de oprichting van de Voedingsorganisatie TNO bestonden er onderzoeksinstituten voor voeding. Zij verrichtten vooral onderzoek naar de kwaliteit van voedingsmiddelen. Zo werd in 1903 te Leiden het Rijkszuivelstation geopend, dat vooral een belangrijke taak bij de controle van boter zou gaan vervullen.⁴ Het Station voor Maalderij en Bakkerij startte in 1909 in Wageningen. Broodfabrikanten en bakkers konden hier hun grondstoffen en brood laten controleren en daarmee een zekere kwaliteit naar de consument garanderen. Dergelijk onderzoek kreeg in 1919 een nieuwe impuls met de Warenwet. Reeds voor die tijd hadden enkele gemeenten en provincies het initiatief genomen tot kwaliteitscontroles op voedingsmiddelen, bijvoorbeeld Rotterdam (1893), Leiden (1901), Dordrecht (1909) en Drenthe (1916), en daarvoor keuringsdiensten opgericht. De Warenwet eiste nu een landelijke controle van voedsel door gemeentelijke of provinciale keuringsdiensten.⁵ Het rijk verleende daarvoor subsidie. Eind jaren dertig bedroeg die subsidie jaarlijks fl 325.000 (zie tabel 2.2; dat zou in 2010 ongeveer 2,9 miljoen euro zijn). Het ging het rijk daarbij vooral om het tegengaan van bedrog en het toezicht op de hygiëne.

Het zou nog tot het midden van de jaren dertig duren voordat de rijksoverheid het vraagstuk van de volksvoeding breder zou aanpakken. Dat gebeurde eerder al wel op de universiteiten en in de industrie. Een voorbeeld is het onderzoek naar vitaminen, dat aan het einde van de Eerste Wereldoorlog een enorme progressie had geboekt.⁶ Het besef groeide dat vitaminen niet alleen medicijnen waren tegen bepaalde ziekten,

zoals de botaandoening rachitis, maar essentiële voedingsstoffen. Zij verhoogden de weerstand en gaven extra energie. Midden jaren twintig begon het onderzoek aan de Nederlandse universiteiten naar onder andere de chemische structuur van vitaminen, de analysemethoden om commerciële preparaten te controleren en de relatie tussen vitaminen en bepaalde aandoeningen. Ook de industrie startte met het onderzoek naar en de productie van vitaminen, bijvoorbeeld Organon en Philips-Van Houten. Industrie en universiteiten werkten hierbij intensief samen. Het Nederlands Instituut voor Volksvoeding (1919), dat vanaf 1922 bij de Universiteit van Amsterdam was ondergebracht, had op dit onderzoeksdomein een aparte plek. Het was weliswaar aan een universiteit gevestigd, maar werd geheel met particulier kapitaal gefinancierd. Het rijk bemoeide zich tot de oprichting van de Voedingsorganisatie TNO niet met het voedingsonderzoek.

De crisis van de jaren dertig had de rijksoverheid gedwongen om steun te gaan verlenen aan voedselvoorlichting en voedingsonderzoek. Optimale voeding in tijden van armoede was voor het volk een harde noodzaak. Een Commissie inzake Huishoudelijke en Gezinsvoorlichting en een Stichting Huishoudelijke Voorlichting ten Plattelande kregen met rijkssubsidie een vervolg in de Stichting tot Wetenschappelijke Voorlichting op Voedingsgebied (1939). De bedoeling was om door het verspreiden van 'nieuwe gegevens op voedingsgebied' de weg te wijzen 'naar een zoo gunstig mogelijke voedings-toestand van de Nederlandse bevolking'. De belangrijkste taak van de stichting was de oprichting van het tijdschrift *Voeding*, dat wetenschappelijk onderbouwde voorlichting over voeding zou gaan verstrekken.⁷ Dergelijke initiatieven kregen nog meer urgentie door de oorlogsdreiging en de schaarste die met een oorlog zou ontstaan.

'Het was mij niet onbekend dat er hier en daar bij het hoger onderwijs en ook wel daarbuiten wat aan voedingsonderzoek werd gedaan, doch er zou veel meer moeten gebeuren. Een speciaal daarvoor ingericht instituut, waaraan opdrachten konden worden gegeven, achtte ik daarvoor onmisbaar ...', zo motiveerde C. van den Berg, directeur-generaal van de Volksgezondheid op het ministerie van Sociale Zaken, zijn pleidooi voor de oprichting van de Voedingsorganisatie. Daarbij had hij zijn oog laten vallen op TNO, maar het onderbrengen bij deze organisatie had hem de nodige hoofdbrekens gekost: '... Het was niet zo dat ik bij het overwegen van mijn plannen niet terstond aan T.N.O. had gedacht. Echter was ik aanvankelijk een beetje huiverig om van mijn onderzoeksinstituut een T.N.O. instituut te maken. De oorzaak daarvan was dat er in de jaren 1937/1938 en waarschijnlijk ook al eerder hevige ruzies waren geweest tussen T.N.O. en het ministerie van Economische Zaken. Ons departement was daarbij niet rechtstreeks betrokken, maar ik kende de op deze ruzies betrekking hebbende stukken, omdat daarover mijn advies was gevraagd. Daarom vreesde ik dat Economische Zaken, waarvan wij de medewerking nodig hadden, deze niet zou willen afgeven als het de oprichting van een nieuw T.N.O. instituut zou betreffen.'⁸ De ruzie tussen TNO en Economische Zaken zou worden bijgelegd, zoals in hoofdstuk 2 is besproken.

Toch vereiste het initiatief nog het nodige lobbywerk omdat de minister van Sociale Zaken, J. van den Tempel, niet overtuigd leek.⁹ Uiteindelijk belegde de secretaris-generaal van Sociale Zaken, A.L. Scholtens, op 7 mei 1940 een vergadering. Daarbij waren, naast de minister, enkele hoge ambtenaren van Economische Zaken en de voorzitter van TNO, J. Alingh Prins, aanwezig. De dreigende oorlog leek echter roet in het eten te gooien, want 'de vergadering was nauwelijks op gang gekomen, toen minister Van den Tempel een dringende telefoon kreeg. Hij deelde daarop mede, dat de internationale toestand zo ernstig was, dat hij de bespreking moest beëindigen.'¹⁰

Door het slim te spelen, wist de ambtelijke top van het relatieve machtsvacuüm in de eerste weken na 10 mei gebruik te maken. Zonder dat er een goedkeuring van een minister of van de bezetter aan ten grondslag lag, machtigden de secretarissen-generaal van Sociale Zaken en van Economische Zaken de voorzitter van TNO en het hoofd van het bureau Voedingszaken, M. Dols, om een Voedingsorganisatie bij TNO in het leven te roepen. Door het voor te stellen als een logische uitbreiding van het reeds bestaande werk van TNO, verwachtten zij geen lastige vragen of argwaan bij de bezetter. Met de Voedingsorganisatie TNO werd ook het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO (CIVO-TNO) opgericht, evenals een Voedingsraad als een commissie van de reeds bestaande Gezondheidsraad.

In het instituut moest het 'systematisch speurwerk' van de Voedingsorganisatie TNO gaan plaatsvinden. Het werd gevestigd op de benedenverdieping van het Hygiënisch Laboratorium van de Rijksuniversiteit Utrecht, dat al lange tijd voedingsonderzoek verrichtte. De Voedingsraad kwam voor het eerst op 22 mei 1940 bijeen. Een twintigtal mensen was aanwezig, praktisch iedereen die zich in Nederland op het gebied van voedingsonderzoek verdienstelijk had gemaakt.¹¹ TNO was met drie man in de Voedingsraad vertegenwoordigd. Een wederzijdse afstemming van het beleid van raad en instituut was daarmee gewaarborgd.¹²

Directeur van het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO werd de bioloog dr. M. van Eekelen. Hij had op bovengenoemd Hygiënisch Laboratorium promotie-onderzoek gedaan naar de opname, het gebruik en de afscheiding van vitamine C door het menselijk lichaam. Na zijn promotie was hij gaan werken op het Centraal Laboratorium van het Rijksinstituut van de Volksgezondheid, dat tegenover het Hygiënisch Laboratorium lag. Met de keuze voor de directeur en de locatie verzekerde het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO zich van nauw contact met twee belangrijke, bestaande instituten voor voedingsonderzoek. Daarnaast werd uitdrukkelijk de samenwerking met 'Wageningen' gezocht, waar zich het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek en het Station voor Maalderij en Bakkerij bevonden. Ook met het Nederlands Instituut voor Volksvoeding te Amsterdam werden contacten gelegd en er zou al spoedig een vergadering met de Keuringsdiensten van Waren plaatsvinden om elkaar te informeren over de werkzaamheden en plannen.¹³

Het personeel bestond aanvankelijk uit een biochemicus, een chemicus, een huishoudkundige, drie analisten 'en verder hulppersoneel'. De eerste werkzaamheden omvatten het analyseren van voedingsmiddelen in opdracht van derden. Zo werden brood- en meelproducten getest op de hoeveelheden eiwit, zetmeel, vezels en water. Ook deed het instituut in opdracht van het Rijksbureau voor de Voedselvoorziening in Oorlogstijd onderzoek naar de houdbaarheid van voedsel dat in gaarkeukens was bereid, terwijl de Nederlandse Inkoopcentrale van Akkerbouwproducten het instituut inschakelde om in een fabriek toezicht te houden op de verwerking van aardappels. Naast dit werk voor opdrachtgevers vonden er ook nog 'onderzoekingen, uitgaande van het Instituut' plaats. Het meewerken aan de eerste Nederlandse voedingsmiddelen-tabel is reeds genoemd.¹⁴

Een belangrijk onderwerp was vitamine C, het expertisegebied van Van Eekelen.¹⁵ In 1941 zette hij samen met het Nederlands Instituut voor Volksvoeding een onderzoek op naar de relatie tussen conserveringsmethoden van aardappelen en het vitamine C-gehalte. Het vitamine C-gehalte bleek evenwel niet afhankelijk te zijn van deze methoden. Op verzoek van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek in Wageningen werd het vitamine C-gehalte van diverse soorten aardappelrassen onderzocht. Het lukte Van Eekelen om vitamine C te synthetiseren zonder inbreuk te maken

op bestaande octrooien. Dat leverde een eigen octrooi op. Daarmee was de weg vrij voor de Nederlandse industrie om vitamine C te produceren, waaraan in de oorlog een tekort dreigde.

HET VOEDINGSONDERZOEK (1940-1970)

De Voedingsorganisatie TNO was de kleinste van de vier Bijzondere Organisaties van TNO. Halverwege de jaren zestig had zij een omzet van 5,56 miljoen gulden (circa 13,8 miljoen euro, prijspeil 2010). De Gezondheidsorganisatie TNO had bijna twee keer zoveel omzet, de Rijksverdedigingsorganisatie TNO bijna vier keer en de Nijverheids-organisatie TNO meer dan zeven keer (zie tabel 8.1). Van de inkomsten bestond 65% uit een rijkssubsidie; dat was ongeveer het gemiddelde van TNO. Alleen de Nijverheids-organisatie TNO deed het met minder rijkssubsidie (56%). De andere twee Bijzondere Organisaties waren veel meer afhankelijk van het rijk. Verder ontving de Voedings-organisatie TNO circa 14% van haar inkomsten uit subsidies van derden en voor 12% uit contractresearch. De rest (9%) was afkomstig van interne opdrachten, rente en andere baten.

Tabel 8.1: Inkomsten van de Bijzondere Organisaties van TNO in 1964 in procenten

	CENTRALE ORGANISATIE TNO	NIJVERHEIDS- ORGANISATIE TNO	VOEDINGS- ORGANISATIE TNO	GEZONDHEIDS- ORGANISATIE TNO	RIJKS- VERDEDIGINGS ORGANISATIE TNO
Rijkssubsidie	50	56	65	77	85
Subsidie derden	2	8	14	5	4
Externe opdrachten	33	24	12	12	5
Interne opdrachten	7	5	4	1	
Rente en andere baten	7	7	5	5	5
TOTAAL	99	100	100	100	99
<i>Miljoen gulden*</i>	12,2	39,9	5,6	10,4	20,9
<i>Miljoen euro's (prijspeil 2010)**</i>	30,1	98,6	13,8	25,7	51,6

* Exclusief interne opdrachten.

** Opmerking: De omrekeningsfactor is 2,47 van gulden voor het jaar 1964 naar euro's in 2010 (voor inflatie gecorrigeerd). Bron: CBS.

De Voedingsorganisatie TNO is te betitelen als een collectieve researchorganisatie. Zij was een spin in het net van het voedingsonderzoek in Nederland. Het bestuur bestond uit zeven tot acht personen: naast enkele TNO-medewerkers en afgevaardigden van twee ministeries (dat van Sociale Zaken en Volksgezondheid en dat van Landbouw) zaten er afgevaardigden namens de Voedingsraad, de Gezondheidsraad en de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging in het bestuur. Met de Voedingsraad waren er van begin af aan korte communicatielijnen. Tevens was er een nauwe samenwerking met andere onderzoeksinstituten, zoals het Nederlands Instituut voor Volksvoeding, het Nederlands Instituut voor Zuivelonderzoek, het Wilhelmina Kinderziekenhuis en de Universiteit van Wageningen. Die samenwerking kreeg gestalte in allerlei commissies en in het gezamenlijk verrichten van onderzoek. 'Wanneer men de huidige problematiek van het voedingsonderzoek en de voedingsmiddelentechnologie overziet

komt men tot de conclusie, dat deze dermate gecompliceerd is, dat slechts door samenwerking van deskundigen uit verschillende disciplines een antwoord gegeven kan worden op de vragen die zich voordoen,' aldus het *Jaarverslag* van 1965.¹⁶ De Voedingsorganisatie TNO verstrekke ook subsidies. Zo kreeg de Stichting Landbouw Huishoudkundig Onderzoek omstreeks 1960 van de Voedingsorganisatie TNO en de Voedingsraad de opdracht onderzoek te doen naar 'de invloed van moderne huishoudelijke bereidingsmethoden op het vitamine C-gehalte van groenten'.¹⁷

De Voedingsorganisatie TNO kende niet de samenwerking met researchverenigingen zoals dat bij de Nijverheidsorganisatie TNO het geval was, maar wel met productschappen - en dat kwam in principe op hetzelfde neer. Zij ontving subsidies van bijvoorbeeld het Productschap (voorheen Bedrijfschap) voor Granen, Zaden en Peulvruchten, het Productschap Zuivel en het Nederlands Graan-Centrum. De subsidies van derden kwamen ook van bedrijven (onder andere Unilever). Voor collectieve research ontving de organisatie halverwege de jaren zestig met 14% het hoogste percentage inkomsten uit dergelijke subsidies van geheel TNO (gemiddeld 6%). De contractresearch (12%) was beperkt van omvang (gemiddeld voor TNO: 20%) en bestond vermoedelijk hoofdzakelijk uit kwaliteitscontroles, bijvoorbeeld van de bakkwaliteit van granen voor brood- en meelfabrikanten.

De Voedingsorganisatie TNO was een belangrijke maar niet de enige regisseur in het onderzoek naar voedingsmiddelen. Waar het de landbouw en landbouwproducten betrof, vervulde met name de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek die rol. Overigens maakte die tot 1985 ook deel uit van TNO.¹⁸

Het onderzoek van de Voedingsorganisatie TNO was in een drietal instituten georganiseerd: het reeds genoemde Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO (1940), het Instituut voor Graan, Meel en Brood TNO (1948) en het Instituut voor Visserijproducten TNO (1955). Evenals de rest van TNO groeide de organisatie in snel tempo: van minder dan 50 medewerkers vlak na de oorlog tot 400 à 450 medewerkers rond 1970. Een op de vier tot vijf medewerkers was een academicus. Het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO was verreweg het grootste instituut en telde meer dan 60% van het totale personeelsbestand (rond 1970).

Halverwege de jaren zestig kende het onderzoek drie belangrijke categorieën (zie tabel 8.2). Net als de Nijverheidsorganisatie TNO besteedde de Voedingsorganisatie TNO veel aandacht aan 'Onderzoek naar een of meerdere aspecten van product, proces of productiemiddel', bijvoorbeeld de invloed van de bewerking op de voedingswaarde van blikconserven. Een andere categorie, die eveneens typerend was voor de Nijverheidsorganisatie TNO, betrof de 'Ontwikkeling van analyse-, keurings- en experimentele methodes'. Daartoe behoorde onder andere een verbeterde analyse van geurstoffen in voedings- en genotmiddelen waardoor nog lagere concentraties ervan konden worden bepaald. Een derde categorie was nauwelijks aanwezig bij de Nijverheidsorganisatie TNO, maar wel belangrijk voor de Voedingsorganisatie TNO, namelijk 'Onderzoek in relatie tot maatschappelijke thema's'. De voedingsmiddelen-tabel was zo'n vroeg voorbeeld geweest. Maar zo waren er meer voorbeelden: het periodieke onderzoek naar de voedingstoestand van de Nederlandse bevolking of de gewenste samenstelling van de voeding van het Surinaamse kind. Dergelijk onderzoek was gericht op algemene kennisontwikkeling en (nog) niet op het verbeteren van een voedingsmiddel of het ontwikkelen van beleid.

Tabel 8.2: Onderzoeksprojecten en -thema's van de Voedingsorganisatie TNO in 1965

TYPE ONDERZOEK	AANTAL PROJECTEN/THEMA'S
Ontwikkeling van een nieuw product, proces of productiemiddel	2
Onderzoek naar een of meer aspecten van een product, proces of productiemiddel	21
Ontwikkeling van analyse-, test- en experimentele methoden	17
Keuring van stoffen en producten	4
Onderzoek in relatie tot maatschappelijke thema's als gezondheid en voeding van specifieke groepen	13
Anders	1
TOTAAL	58*

* Zes projecten/thema's zijn in twee categorieën geclassificeerd.
Bron: Jaarverslag Voedingsorganisatie TNO 1965.

We kunnen het onderzoek van de Voedingsorganisatie TNO tot midden jaren zestig ook op een andere wijze categoriseren. Daarbij gaan we uit van de indeling die de Voedingsorganisatie TNO zelf maakte bij haar vijftienvijftigjarig bestaan. Men onderscheidde toen 11 belangrijke onderzoeksgebieden. Een onderverdeling die we ook deels terugzien in de jaarverslagen en die we terugbrengen tot vier categorieën (zie tabel 8.3).

Tabel 8.3: Indeling van het onderzoek van de Voedingsorganisatie TNO van 1940 tot 1977

PERCENTUELE VERDELING VAN DE ONDERZOEKSMIDDELEN IN 1977***			
AANTAL ONDERZOEKSPROJECTEN EN -THEMA'S VAN DE VOEDINGSORGANISATIE TNO IN 1965**			
TYPE ONDERZOEK	DOOR TNO IN 1965 ZELF GEMAAKTE INDELING VAN DE BELANGRIJKSTE WERKZAAMHEDEN TUSSEN 1940 EN 1965 OP HET GEBIED VAN VOEDING*		
A. Voeding als leverancier van bouwstoffen en energie	1. Voedingsmiddelenanalyse	4	
	2. (Natuurlijke) geur- en smaakstoffen	1	
	B. Schadelijke effecten van voeding voor het menselijk lichaam	3. Bereiding en bewaring van voedingsmiddelen****	3
		4. Microbiologie	3
		5. Biologisch, toxicologisch en allergologisch onderzoek	7
C. Voeding in relatie tot specifieke bevolkingsgroepen	6. Medisch-fysiologisch voedingsonderzoek	3	
	7. Voeding specifieke groepen*****	4	
D. Voedselproductie	8. Vlees- en vleeswaren	4	
	9. Oliën en vetten	4	
	10. Graan-, meel- en broodonderzoek	12	
	11. Visserijproducten	7	

Opmerking: 1 t/m 9 waren vooral het werkterrein van het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO, 10 was dat van het Instituut voor Graan, Meel en Brood TNO en 11 van het Instituut voor Visserijproducten (1955).

* Bron: 1940-1965: M. van Eekelen, 'Bij het 25-jarig bestaan van de Voedingsorganisatie T.N.O. en van het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek T.N.O.', in: *Voeding* 26 (1965), no. 6, 321-329.

** Bron: Jaarverslag Voedingsorganisatie TNO 1965.

*** Bron: Jaarverslag Voedingsorganisatie TNO 1977.

**** Hier is de benaming van de categorie uit het Jaarverslag Voedingsorganisatie TNO 1965 overgenomen.

***** In Van Eekelen, 'Bij het 25-jarig bestaan' staat hier uitsluitend 'Kindervoeding'. In het Jaarverslag Voedingsorganisatie TNO 1965 is sprake van onderzoek naar de Nederlandse bevolking, sporters, Surinaamse kinderen en Bergpapoea's.

In de eerste plaats deed de Voedingsorganisatie TNO onderzoek naar voedsel als leverancier van energie en bouwstoffen. Zij analyseerde daarvoor hoofdbestanddelen als koolhydraten, eiwitten, vitaminen, mineralen, vetten en vezels. De organisatie besteedde apart aandacht aan natuurlijke geur- en smaakstoffen. Ook werd er gekeken naar stoffen in de omgeving van het voedsel en de voedselproductie die invloed hadden op de geur en smaak van het product. Psychologische aspecten van geur- en smaakwaarneming werden in samenwerking met het Psychologisch Laboratorium van de Rijksuniversiteit Utrecht onderzocht.

De uitkomsten van deze en andere onderzoeken naar de kwaliteit van ons voedsel werden onder meer verwerkt in de voedingsmiddelentabel, waarvan de samenstelling en jaarlijkse uitbreiding door het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO gebeurde. Deze tabel was onontbeerlijk voor de voorlichting en het overheidsbeleid op het gebied van voeding.¹⁹ Na een aantal omzwervingen kwam het beheer van de tabel in 2007 terecht bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).²⁰ Eind jaren tachtig bevatte de databank de calorische waarde en 29 mogelijke voedingsbestanddelen van circa 1300 voedingsproducten.²¹ Tegenwoordig bevat het bestand, dat *online* te raadplegen is, de calorische waarde en de gegevens van 170 voedingsbestanddelen van circa 1750 levensmiddelen.²²

Een tweede onderzoekscategorie betrof de schadelijkheid van bepaalde voeding en voedingsstoffen voor het menselijk lichaam. TNO was al in de jaren vijftig bezig met onderzoek naar conserveermiddelen, kleurstoffen, verdikkingsmiddelen en andere hulpstoffen die aan voedsel werden toegevoegd maar geen voedingswaarde bezaten. Daarnaast ging het om schadelijke stoffen die in voedsel terecht konden komen door het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw, geneesmiddelen in veevoer en verpakkingsmaterialen in de voedingsmiddelenindustrie. Onderzoek naar sulfiet, gemodificeerd zetmeel en vinylchloride maakte hiervan deel uit. Ook werd er onderzoek gedaan naar geheel nieuwe voedingsstoffen, bijvoorbeeld het gebruik van op ruwe aardolie gekweekte gist. Dergelijk onderzoek vond veelal plaats in samenwerking met het bedrijfsleven en universitaire laboratoria (zie hoofdstuk 9).

Tot deze categorie behoorde eveneens het epidemiologisch onderzoek naar het verband tussen voeding en hart- en vaatziekten, dat de Voedingsorganisatie TNO in opdracht van de Voedingsraad vanaf 1960 uitvoerde. Het project, dat in veel landen werd uitgevoerd, stond onder leiding van professor Ancel Keys in Minneapolis. In het Nederlandse deel volgde een onderzoeksgroep onder leiding van professor Van Buchem een kleine duizend Zutphense mannen over een groot aantal jaren met betrekking tot hun eetgewoonten en hun medische gesteldheid. TNO betaalde mee aan dit onderzoek. Hier komen we in hoofdstuk 11 op terug.

Onderzoek naar voedsel in relatie tot bepaalde bevolkingsgroepen, een derde type onderzoek, kende een nauwe samenwerking met de Gezondheidsorganisatie TNO. Vanaf 1953 bestond er een gezamenlijke werkgroep die onderzoek naar de voedings-toestand van de Nederlandse bevolking deed. Aanvankelijk werd er op de voeding van kinderen en 'ouden van dagen' gefocust.²³ Voor onderzoek naar kindervoeding werkte de Voedingsorganisatie TNO al sinds de oorlog intensief samen met het Wilhelmina Kinderziekenhuis in Utrecht - en dat gebeurt tot op de dag van vandaag.

Een belangrijk thema in deze categorie was coeliakie, een aangeboren darmziekte. De ziekte wordt gekenmerkt door diarree en sterke vermagering, die samenhangt met een overgevoeligheid voor de eiwitten in de gluten van tarwe, rogge, haver en spelt. TNO leverde reeds vroeg een bijdrage aan het onderzoek naar deze ziekte. In samen-

werking met TNO promoveerde een kinderarts van het Haagse Juliana Kinderziekenhuis in 1950 op een onderzoek dat gluten ondubbelzinnig als boosdoener vaststelde.²⁴ Uit dit en ander onderzoek resulteerden later (glutenvrije) dieetadviezen en therapeutische enzympreparaten, vervaardigd door de Koninklijke Nederlandse Gist- en Spiritusfabriek. Nog steeds werkt TNO aan de problemen van een niet goed functionerend maag- en darmkanaal. In het rijke deel van de wereld neemt het aantal mensen die aan voedselallergie of voedselintolerantie lijden, enorm toe. Een op de acht mensen heeft hier inmiddels last van. TNO heeft onder andere een maag-darmmodel ontwikkeld, het zogenaamde TNO's Intestinal Model (TIM). Het is een model van buizen, pompen en flessen, dat allerlei facetten van de spijsvertering en van de effecten van voedingsbestanddelen kan simuleren. Daar komt geen proefpersoon of proefdier meer aan te pas.

Een vierde en laatste type voedingsonderzoek bestond uit onderzoek in opdracht van en in samenwerking met verschillende productschappen en bedrijven. Het betrof enerzijds het verrichten van kwaliteitscontroles en anderzijds het onderzoek naar aspecten van productie- en conserveringstechnieken van vleeswaren, visserijproducten en bakkerijproducten. De resultaten van dergelijk onderzoek kwamen niet alleen het grootbedrijf ten goede, maar waren ook van belang voor het Nederlandse Midden- en Kleinbedrijf. Dit onderzoek stond deels op zichzelf, maar werd eveneens gezien als een van de mogelijkheden tot valorisatie van de kennis die uit de eerste drie categorieën werd verkregen. Producenten van voedingsmiddelen moesten ook worden voorgelicht over wat bepaalde voedingsstoffen in het menselijk lichaam deden.

Naast het geven van voorlichting zag de Voedingsorganisatie TNO het als haar taak om met de industrie mee te denken over een verbetering van de voedingsmiddelen en hun productie, verpakking en distributie. Hierbij lette men niet louter op het aspect gezondheid. Het economische aspect was ook van belang, evenals de 'organoleptische kwaliteit ...', dat wil zeggen dat uiterlijk, smaak, geur en consistentie moeten voldoen aan de eisen van het publiek'.²⁵ Zo werd er voor de vele ambachtelijke slagerijen gezocht naar moderne productietechnieken die aan vaktechnische criteria en warenwettelijke eisen voldeden, maar die ook in aantrekkelijke producten voor consumenten resulteerden. Het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO bezat daartoe onder meer een worstenmakerij waar eind jaren zestig een automatische worststopmachine werd beproefd.²⁶ Voor de bakkerij waren er omstreeks diezelfde tijd experimenten met een in Amerika ontwikkelde machine voor continue deegbereiding. Er werd gekeken of deze zogenaamde Amflow-installatie ook voor de Nederlandse receptuur en grondstoffen voor wit en bruin brood en voor beschuit te gebruiken was. TNO verzorgde door het hele land tientallen demonstraties voor bakkerijen over deze installatie, die forse arbeidsbesparingen kon opleveren.²⁷

Een succes in de samenwerking met het bedrijfsleven bij het op de markt brengen van een gezonder product, dat eind jaren zestig door TNO werd geclaimd, was 'De Hollandse Nieuwe'. De haring was rond die tijd in diskrediet geraakt bij de consument, doordat er veelvuldig een parasiet - 'de haringworm' - in werd aangetroffen. Deze kon een ernstige darmontsteking veroorzaken. Het Instituut voor Visserijproducten TNO, onderdeel van de Voedingsorganisatie TNO, ontwikkelde een methode om door bevriezing de parasiet te doden. Het Productschap voor Vis en Visserijproducten hielp vervolgens mee deze methode bij het bedrijfsleven te introduceren, waarna de 'bevriezing' door een verordening van dit Productschap voor de sector verplicht werd gesteld. De 'haringworm' verdween en de vraag naar haring nam weer toe.²⁸

Onderzoek naar margarines die voor een belangrijk deel uit meervoudig onverzadigde vetzuren bestonden, was een ander voorbeeld van een succesvolle samenwerking

tussen TNO en de industrie. Vanuit het oogpunt van de volksgezondheid was de consumptie van minder vet een noodzaak. Veel onderzoeken wezen op de relatie tussen te veel vette voeding en een toenemende kans op hart- en vaatziekten. De voedingsmiddelenindustrie zag kansen om een gezondere margarine te ontwikkelen, een van de mogelijkheden om de vetconsumptie terug te brengen. Nadat het Margarinebesluit Warenwet was aangepast, kon er bovendien in 1969 een nieuw type margarine, de 'halvarine' met een vetgehalte van slechts 50%, op de markt worden gebracht. Bij deze ontwikkelingen was het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO betrokken.²⁹ Deze laatste categorie van onderzoek was de grootste binnen de Voedingsorganisatie TNO. Circa de helft van de onderzoeksprojecten viel hieronder (1965) en circa de helft van de onderzoeksmiddelen werd daaraan besteed (1977). Het grootste deel van de contractresearch (12% van de inkomsten in 1964) en van de subsidies uit het bedrijfsleven (14% van de inkomsten in 1964) was vermoedelijk hiervoor bestemd. (Zie ook tabel 8.3.)

Tot de oprichting van de Voedingsorganisatie TNO had de overheid haar bemoeienis met voeding beperkt tot preventieve maatregelen bij de voedselproductie. Zij zag toe op de hygiëne en trachtte bedrog te voorkomen. Met de oprichting van de Voedingsorganisatie TNO betrad zij de volle breedte van het voedingsdomein. Centraal stond de kwaliteit van voeding (de eerste drie onderzoekscategorieën uit tabel 8.3). Tevens was zij betrokken bij de commerciële kant van de voedselproductie (de vierde onderzoekscategorie).

WELVAART ALS PROBLEEM (1970-1990): MILIEU, OVERGEWICHT EN KANKER

In 1973 verscheen het boek *Voedsel in Nederland. Gezondheid, bedrog en vergif*.³⁰ Het plaatste voeding in een kritisch daglicht. Waren in de jaren vijftig en zestig de publieke debatten nog beperkt geweest, nu stonden de mechanisering en de chemicalisering van de voedselproductie breed ter discussie. Zorgen waren er over het overmatig gebruik van additieven en de vele onnodige ingrediënten waaruit het voedsel was samengesteld. Waren onbewerkte producten niet veel gezonder? Werd de gezondheid van de eter niet bedreigd? Gingen de belangen van de voedingsmiddelenindustrie niet ten koste van de consument? Trad de overheid wel effectief op tegen verkeerde trends als de opkomst van gemakvoedsel en synthetische voedingsproducten?

Dergelijke vragen raakten direct aan het werk van de Voedingsorganisatie TNO. De organisatie had immers al veel van de thema's opgepakt. Voedselveiligheid en voedingswaarde waren sinds de oprichting leidraden voor onderzoek geweest. Voeding in relatie tot gezondheid behoorde vanaf het begin tot de basiscompetentie van de organisatie. Verderop zullen we zien of, en zo ja hoe, TNO zich opstelde in de discussie rond voedselveiligheid. Het maatschappelijk debat in de jaren zeventig ging echter verder dan voeding, gezondheid en voedselveiligheid en leidde tot nieuwe onderzoeksthema's bij de Voedingsorganisatie TNO. Een drietal ervan won aan belang: milieu, overgewicht en kanker.

Omstreeks 1970 raakte de Voedingsorganisatie TNO betrokken bij een voor haar enigszins vreemd domein, namelijk de toenemende milieuproblemen van Nederland. Tot die tijd was de bemoeiing beperkt gebleven tot de effecten van milieuvervuiling op voeding, zoals onderzoek naar resten van pesticiden die nog in voedsel werden aangetroffen. De analysemethoden die bij geurstudies werden gebruikt, bleken echter ook toepasbaar te zijn bij het meten en identificeren van verbindingen die stankoverlast veroorzaakten en 'die als onderdeel van het milieuprobleem steeds veelvuldiger lijken

op te treden'. Met behulp van gaschromatografie en massaspectrometrie en het gebruik van computers voor de verwerking van de gegevens, lukte het bijvoorbeeld om de verbindingen te identificeren 'die in het najaar van 1971 de z.g. kattepiesgeuroverlast in een groot deel van de Randstad veroorzaakten'. Het ging hierbij klaarblijkelijk om een chemische verbinding (4-mercapto-4-methyl-pentanon-2) die niet door één verontreiniger op het water was geloosd, maar die ontstond als twee onafhankelijk geloosde verbindingen in het water met elkaar in verbinding kwamen. De bevindingen werden in het *Chemisch Weekblad* gepubliceerd.³¹

Een ander onderwerp waar het milieuonderzoek zich op ging concentreren, was (de identificatie van) milieuverontreinigende stoffen. Zo kwam het onderzoek naar het voorkomen van kwikverbindingen op de agenda. Polychloorbifenyln-verbindingen (PCB's) vormden een ander thema. Dit waren voor het milieu schadelijke stoffen die veel door de industrie werden gebruikt als weekmakers, in isolatievloeistoffen, et cetera. De Voedingsorganisatie TNO ontwikkelde een methode om de samenstelling van PCB's veel beter dan voorheen te kunnen identificeren. Over de uitkomsten van dit onderzoek werd internationaal gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften.³²

Het is niet zo verwonderlijk dat ook de problematiek van het overgewicht (obesitas) binnen TNO aan actualiteit won. Na de Tweede Wereldoorlog had de Nederlander lange tijd een redelijke controle over zijn eten weten te behouden, ondanks de toenemende beschikbaarheid van het aantal voedingsmiddelen door de groeiende welvaart. Dat kwam onder andere door een verstandig voedingspatroon dat zich op de 'Schijf van Vijf' baseerde. De 'Schijf van Vijf' werd in 1953 geïntroduceerd door het Voorlichtingsbureau voor de Voeding (tegenwoordig het Voedingscentrum) en was decennialang een begrip. De schijf was mede gebaseerd op onderzoek van TNO en beval aan om het dagelijks eten uit vijf groepen voedingsmiddelen (groente, zuivelproducten, etc.) samen te stellen. Dat patroon raakte echter vanaf de jaren tachtig in verval.

In opdracht van het Voedingscentrum voerde TNO tussen eind jaren tachtig en eind jaren negentig drie zogenaamde 'Voedselconsumptiepeilingen' onder de Nederlandse bevolking uit. Een grote groep Nederlanders moest hierbij een jaar lang in een dagboekje bijhouden wat er werd gegeten en gedronken. De eerste peiling, in 1987 en 1988, leidde bijvoorbeeld tot de voorlichtingscampagne 'Let op vet'. Over de periode van tien jaar dat de peilingen werden gehouden, waren er diverse interessante verschuivingen te zien. Zo nam in tien jaar tijd de consumptie van groenten, fruit en aardappelen met 13% tot 16% af. Ook was er een aanzienlijke daling te constateren in de inname van vitamine A (veel voorkomend in margarine en vlees). Deze vitamine was onder andere van belang voor de huid, de groei van kinderen en voor het gezichtsvermogen. De totale calorie-inname was eveneens gedaald, zo bleek (met circa 5%). Deze gunstige ontwikkeling werd echter tenietgedaan door een afname van de lichaamsbeweging, met als gevolg dat het gemiddelde overgewicht van de bevolking toch verder was toegenomen.³³

Om het belang van bewegen te benadrukken en om gegevens te verkrijgen over de motivatie van Nederlanders om te bewegen, voerde TNO samen met de Stichting Pur Sang in 2001 de Nationale Gezondheidstest uit. Op verschillende testcentra konden Nederlanders op hometrainers hun lichamelijke conditie testen. Na het invullen van een vragenlijst over hun leefstijl en activiteiten kregen zij een persoonlijk bewegingsadvies. Voor TNO leverde de test tal van gegevens over de fitheid en het bewegingspatroon van de Nederlandse bevolking op.³⁴

Om de voorlichting en het beleid rond voeding en beweging met name op bepaalde groepen van de bevolking te kunnen afstemmen, deed TNO naast bovengenoemde

voedselconsumptiepeilingen ook onderzoek onder specifieke groepen. Dit was niet nieuw. Al in de jaren vijftig van de twintigste eeuw werd er bijvoorbeeld onderzoek gedaan naar de voeding van schoolkinderen en bejaarden. Daar kwam op het eind van de eeuw onderzoek naar het voedselpatroon van allochtonen in Nederland bij, zoals naar de eetgewoonten van Turkse en Marokkaanse moeders en hun kinderen. Hieruit bleek dat het voedingspatroon van deze groep meer voldeed aan de opgestelde Richtlijnen Goede Voeding dan dat van de uit autochtonen bestaande controlegroep. Zo aten de allochtonen minder verzadigd vet. Ze bleken echter wel relatief weinig vitamine B1, kalk en ijzer binnen te krijgen. Onder Turkse moeders kwam relatief vaak bloedarmoede voor. Marokkaanse moeders kampten meer dan Turkse en Nederlandse moeders met overgewicht. Ook bleken Turkse en Marokkaanse kinderen vaker dan Nederlandse het ontbijt over te slaan. Dergelijke bevindingen gaven het ministerie en voorlichtingsbureaus concrete aanknopingspunten voor beleid.³⁵

TNO ging zich in de jaren tachtig uitdrukkelijk ook met een andere, steeds belangrijker wordende maatschappelijke kwestie bemoeien, namelijk de relatie tussen voeding en kanker. Met behulp van vooral dierenexperimenten en later ook epidemiologisch onderzoek wilde men beter zicht krijgen op mogelijke correlaties. Halverwege de jaren tachtig bestond er veel onduidelijkheid over mogelijke kankerverwekkende voedingsstoffen. Er was behoefte aan een groot, zogenaamd cohortenonderzoek onder de Nederlandse bevolking. Dergelijk onderzoek was kostbaar en complex. Eerst moesten de voedingsgewoonten van een grote groep gezonde mensen in beeld worden gebracht. Vervolgens was het zaak om gegevens te verzamelen over het optreden van kanker bij die groep in een latere levensfase. Betrouwbare conclusies waren alleen mogelijk als de groep deelnemers groot genoeg was en als het onderzoek zich bovendien over een groot aantal jaren uitstreckte.

Om de haalbaarheid van een dergelijke studie te onderzoeken, werd er in 1984 en 1985 samen met de vakgroep Epidemiologie van de Rijksuniversiteit Limburg een vooronderzoek verricht. Met subsidies van het Koningin Wilhelmina Fonds en het ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur ging het onderzoek uiteindelijk in 1986 van start met het aanschrijven van circa 350.000 personen in de leeftijd van 55 tot 70 jaar en verspreid over heel Nederland. Meer dan een derde van deze groep reageerde en stuurde de vragenlijsten over bijvoorbeeld voedingsgewoonten, rookgewoonten en arbeidsverleden ingevuld terug. De onderzoekers konden het aantal mensen berekenen waarbij binnen een paar jaar borst-, long-, rectum-, darm-, en maagkanker zou worden vastgesteld. Dat waren de soorten kanker die het meest met voeding in verband werden gebracht. De voedingsgewoonten van deze groep met kanker vergeleken de onderzoekers vervolgens met een controlegroep waarbij geen kanker was vastgesteld. De vergelijking vond voor het eerst in 1989 plaats.³⁶ Een correlatie die al vanuit de literatuur werd vermoed en die omstreeks 1990 met het cohortenonderzoek kon worden bevestigd, was die tussen een vetrijk dieet en borstkanker bij vrouwen. Een hoge consumptie van vetten verhoogde het risico op borstkanker. Daarentegen bleek de kans op deze ziekte het kleinst bij een vetarm en vezelrijk dieet in combinatie met de consumptie van gefermenteerde melkproducten en weinig alcohol.³⁷

Het voedingsonderzoek bij TNO ontwikkelde zich gestaag. Nieuwe maatschappelijke vraagstukken werden opgepakt, nieuwe thema's in het programma opgenomen. De grote verandering bij TNO - van collectieve researchorganisatie naar een organisatie voor contractresearch - verliep hier relatief makkelijk. Het ontbrak er aan de turbulentie

die dit bij de Nijverheidsorganisatie en bij de Gezondheidsorganisatie (zie hoofdstuk 12) veroorzaakte.

De Voedingsorganisatie TNO als Bijzondere Organisatie werd in 1980 opgeheven.³⁸ Daarvoor in de plaats kwam de Hoofdgroep Voeding en Voedingsmiddelen TNO, vanaf 1990 TNO-Voeding geheten. Daaronder ressorteerde een wisselend aantal onderzoeksinstituten, waarvan in de loop der jaren de namen konden veranderen en de taakstellingen verschuiven. De besturen van de Hoofdgroepen en de onderzoeksinstituten bestonden uit eigen mensen. Vertegenwoordigers van de Voedingsraad, het ministerie van Landbouw en andere externe organisaties, voorheen deel uitmakend van de besturen van de Voedingsorganisatie TNO, zaten nu in de Programma-Adviesraad van de Hoofdgroep en de Adviesraden van de onderzoeksinstituten.

Een dergelijke continuïteit zien wij ook op een onderzoeksterrein als dat van de voedselveiligheid. In de opeenvolgende onderzoeksthema's is een rode draad te herkennen, zelfs tot in het innovatiegebied 'gezonde en veilige voeding' van het TNO Strategisch Plan 2011-2014. Wij zien het thema ook prominent aanwezig in het huidige innovatiebeleid van de regering: Nederland wil wereldspeler worden als het gaat om voedselveiligheid.³⁹ De traditie van TNO op dit gebied heeft dit perspectief mede mogelijk gemaakt, zoals blijkt uit het volgende hoofdstuk.

Eric Berkers en Harry Lintsen

9. VOEDSELVEILIGHEID

In 1990 bespraken onderzoekers van TNO en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid in een gezamenlijk artikel een interessant thema, dat al een aantal jaren bekend was.⁴⁰ Onderzoek had een discrepantie laten zien tussen de risicoperceptie van deskundigen (toxicologen en voedingsdeskundigen) en die van consumenten als het ging om de veiligheid van voedsel.⁴¹ Waar het voor de wetenschappers onomstotelijk vastlag dat de gezondheidsrisico's van ons voedsel vooral bij een verkeerd voedingspatroon (te veel, te vet, te zout, te weinig vezels, etc.) lagen, maakte de consument zich vooral zorgen om de toevoegingen en de verontreinigingen in het moderne voedsel (zie tabel 9.1).

Tabel 9.1: Rangorde in de risicoperceptie van voedsel voor de gezondheid door de wetenschap en het publiek, circa 1980

WETENSCHAP	PUBLIEK
1. Foutieve voeding	1. Chemische additieven en contaminanten
2. Ziekteverwekkende micro-organismen	2. Milieuhygiënische problemen
3. Natuurlijke gifstoffen	3. Foutieve voeding
4. Milieuhygiënische problemen	4. Natuurlijke gifstoffen
5. Chemische additieven en contaminanten	5. Ziekteverwekkende micro-organismen

Bron: E. Kampelmacher, 'Die Leute sagen immer...' [Afscheidsrede als buitengewoon hoogleraar in de levensmiddelenmicrobiologie en -hygiëne aan de LH Wageningen (6 juni 1985)] (Wageningen 1985), 2.

Het verschil in risicoperceptie heeft volgens de onderzoekers vooral te maken met de acceptatie van verschillende soorten risico's. Consumenten zijn eerder geneigd risico's te aanvaarden die door eigen gedrag - in dit geval eetgewoonten - worden veroorzaakt, dan risico's te accepteren die door een andere partij - in dit geval de voedingsmiddelen-industrie - worden opgedrongen.⁴² Bovendien speelt hier waarschijnlijk een opmerkelijke paradox mee. De analysemethoden zijn sterk verbeterd en de wetenschappelijke kennis van voedseladditieven is gegroeid. Wetten, regels, voorlichting en andere maatregelen in verband met de risico's van voedseladditieven zijn eveneens toegenomen. Dat alles maakt de consumenten niet minder angstig en wantrouwend, maar juist meer. Nu is het immers mogelijk tot in nano- en zelfs picogrammen de aanwezigheid van bepaalde stoffen in voedsel aan te tonen en wordt er altijd wel iets gevonden waaraan de connotatie 'schadelijk' kan kleven.

Die discrepantie en paradox, hoe interessant ook, komen hier niet aan de orde. Het thema van dit hoofdstuk is het onderzoek naar voedselveiligheid en toxicologie bij TNO. Hoe groeide dit thema uit tot een belangrijk onderzoeksterrein? Wat zijn centrale onderwerpen geweest in de afgelopen decennia? Waartoe leidde het onderzoek?

DE PLANTA-AFFAIRE ALS KATALYSATOR

In 1961 kreeg de Voedingsorganisatie TNO een subsidie van Unilever om onderzoek te doen naar de toxicologie van hulpstoffen die in de voedingsmiddelenindustrie werden gebruikt, en van andere stoffen die in voedingsmiddelen konden geraken, zoals bestrijdingsmiddelen uit de land- en tuinbouw, resten geneesmiddelen uit veevoer en ingrediënten uit plastic verpakkingsmateriaal.⁴³ De beslissing van Unilever om dergelijk onderzoek te subsidiëren, moet in het licht worden gezien van wat de multinational een jaar eerder met een van zijn margarines was overkomen.

In de zomer van 1960 was de roomboter in korte tijd uitverkocht geraakt nadat er op de radio een verkoopverbod van alle 55 merken margarines van Unilever was

afgekondigd. Er leek namelijk een correlatie te bestaan tussen huiduitslag met optredende koorts ('blaasjesziekte') en het gebruik van één van Unilevers parade-paardjes, de toen onlangs 'verbeterde' plantaardige margarine *Planta*. Die correlatie was als eerste door een Rotterdamse huisarts gelegd. De 'epidemie' van 'blaasjes-ziekte' (100.000 Nederlanders kregen het, honderden moesten in ziekenhuizen worden opgenomen en vier personen zouden er uiteindelijk aan overlijden) werd aan de veranderde samenstelling van het toen zeven jaar oude *Planta* toegeschreven. Om de bakeigenschappen ervan te verbeteren, was er in dat jaar de emulgator met het nummer ME 18 aan toegevoegd. Dit additief was met behulp van dierproeven getest door het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en als 'veilig' vrijgegeven. Ofschoon Unilever de schuld niet op zich wilde nemen, zou het wel tot de uitbetaling van schadevergoedingen overgaan, hetgeen het concern, naast imagoschade, 7,5 miljoen euro aan direct verlies kostte.

De 'Planta-affaire' zette begin jaren zestig het veiligheidsaspect van modern, industrieel geproduceerd voedsel prominent op de gezondheidszorgagenda. TNO had echter al vanaf het begin van de jaren vijftig een traditie in onderzoek naar voedselveiligheid en voedingsadditieven. In 1953 had D. Mossel, onderzoeker van de Voedingsorganisatie TNO, een voordracht gehouden voor de Utrechtse Artsencursus onder de titel 'De toevoeging van chemische verbindingen zonder voedingswaarden aan levensmiddelen, gezien van het standpunt der volksgezondheid'. Deze voordracht werd later in het *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* gepubliceerd.⁴⁴ Mossel onderscheidde acht soorten chemische verbindingen zonder voedingswaarden die aan voedingsmiddelen werden toegevoegd.⁴⁵ Het betrof:

- conserveermiddelen
- antioxidanten (stoffen die het rans worden van vetten vertragen)
- 'anti-stalling agents' (stoffen die het oudbakken worden van brood belemmeren)
- kleurstoffen
- meelverbeteringsmiddelen
- verdikkingsmiddelen
- emulgatoren (vooral voor het handhaven van de emulsiestructuur van margarine)
- zoetmiddelen

Daarnaast konden er nog talrijke stoffen als verontreiniging in voedingsmiddelen worden aangetroffen (bestrijdingsmiddelen, metaal- en fluorsporen en sporen van antibiotica). Mossel pleitte in zijn voordracht al voor een wettelijke verplichting voor fabrikanten om de samenstelling van voedingsmiddelen op de verpakking te vermelden. In de Verenigde Staten en Canada gold die verplichting al, maar in Nederland werd de opvatting gehuldigd dat de consument niet competent zou zijn om die informatie in zijn voordeel te benutten.⁴⁶

Ofschoon TNO, veelal in samenwerking met het Pharmacologisch Laboratorium van de Rijksuniversiteit Utrecht, dus al begin jaren vijftig de schadelijkheid van voedseladditieven onderzocht, kreeg dit onderzoek mede door de 'Planta-affaire' een nieuwe dynamiek. Uitdrukkelijk ging nu ook het bedrijfsleven hierin participeren. Zo kreeg Unilever over 1963 een rekening van bijna 90.000 gulden gepresenteerd voor toxicologisch onderzoek van voedseladditieven en voor onderzoek naar allergieën van voedingsmiddelen, dat het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO (CIVO-TNO) samen met de Dermatologische Kliniek in Utrecht had verricht. Dit bedrag bestond voor ongeveer 40% uit kosten voor gerichte opdrachten die TNO voor Unilever had uitgevoerd met betrekking tot overgevoeligheid voor voedingsmiddelen. Zo waren onder andere twee monsters margarine op emulgator (de boosdoener bij 'Planta') onderzocht; kosten: 500 gulden. Bovendien was voor dit onderzoek samengewerkt met

het Ivy Research Laboratorium in Philadelphia; de kosten hiervan bedroegen ruim 34.000 gulden.⁴⁷ Dit laboratorium was door professor Albert Kligman, een autoriteit op dermatologisch gebied en verbonden aan de Universiteit van Pennsylvania, opgezet. De samenwerking met de hoogleraar verliep overigens niet vlekkeloos. Verzoeken aan Kligman om over zijn aanpak, de tussentijdse vorderingen van zijn deel van het onderzoek en zijn ideeën voor verder onderzoek te berichten, bleven onbeantwoord. Dit noopte TNO-voorzitter H.W. Julius tot een verzoek aan de directie van het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid, om dan maar een van hun medewerkers op kosten van TNO naar Amerika te sturen om 'de begeerde inlichtingen te laten "halen"'.⁴⁸

Naast dit gerichte contractonderzoek financierde Unilever ook de helft van de collectieve research van de Voedingsorganisatie TNO op het gebied van toxicologie van voedseladditieven en allergieën van voedingsmiddelen.⁴⁹ Unilever was zeker niet het enige bedrijf dat het toxicologisch en allergologisch onderzoek van TNO financieel ondersteunde. Andere grote financiers waren bijvoorbeeld Philips Duphar te Weesp (in 1965 en 1966 tezamen goed voor 122.000 gulden) en de Koninklijke Nederlandse Gist- en Spiritusfabriek (later Gist-Brocades, nog later DSM) te Delft.⁵⁰

Dit laatste bedrijf had bij het Laboratorium voor Dierfysiologie aan de Landbouwhogeschool te Wageningen het Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek van Biochemische Producten (ILOP) opgericht. De Voedingsorganisatie TNO werd benaderd om hier in samenwerking met Wageningen en mogelijk andere geïnteresseerden te starten met 'het verrichten van vrij speurwerk ..., met name inzake de biologische en toxicologische betekenis van zg. "food"-en "feedadditives" en van de toevoeging van bepaalde nutriënten (o.a. aminozuren) aan voedings- en voedermiddelen'.⁵¹ De Voedingsorganisatie TNO was geïnteresseerd en besloot in de zomer van 1964 hiervoor bijna een half miljoen gulden vrij te maken. De Koninklijke Nederlandse Gist- en Spiritusfabriek zegde daarop een jaarlijkse subsidie van ruim 200.000 gulden toe. Deze constructie, waarbij ook onderzoek gedaan mocht worden 'in de door de Kon. Ned. Gist- en Spiritusfabriek ten behoeve van dit onderzoek gecontracteerde bedrijven', betekende wel dat de resultaten van de onderzoekingen, eventueel na twee jaar, openbaar gemaakt moesten worden. Naast deze collectieve research zouden op het ILOP ook opdrachten voor derden tegen betaling uitgevoerd gaan worden. Hiervan kwamen de resultaten louter ten goede aan de opdrachtgever en bleven ze verder geheim.⁵²

'ONGEPASTE NIEUWSGIERIGHEID' EN SINGLE CELL PROTEINS

Het toxicologisch onderzoek nam omstreeks 1960 een hoge vlucht bij de Voedingsorganisatie TNO. De directie zag hierin een braakliggend terrein en een nieuwe markt. Dat was niet alleen duidelijk geworden door de 'Planta-affaire', maar ook door contacten met de 'Food and Drug Administration' (FDA) in de Verenigde Staten, die daar in het kader van voedselveiligheid eisen en richtlijnen opstelde. Bovendien vond dr. C.G.J.M. Engel, directeur van het CIVO-TNO, de oriëntatie op de markt essentieel. Hij had grote moeite met overheidssubsidies, vond de overheid als subsidiegever niet betrouwbaar genoeg en noemde zuiver fundamenteel onderzoek 'ongepaste nieuwsgierigheid'.⁵³ Alleen bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en bij Shell vond er in ons land en in die tijd op beperkte schaal toxicologisch onderzoek plaats. TNO zou zijn dierexperimenteel onderzoek naar de waardebeoordeling van voedingsstoffen kunnen uitbreiden met toxicologisch proefdierenonderzoek en succesvol deze groeiende markt kunnen betreden, zo was de gedachte. Daartoe werden capabele mensen aangetrokken en opgeleid.

De inschatting dat hier voor TNO een interessante markt lag, bleek al snel correct.

British Petrol (BP) meldde zich in de jaren zestig bij de Voedingsorganisatie TNO omdat het bedrijf bezig was met het kweken van gist (zogenaamde *single cell proteins*) op gezuiverde paraffine uit aardolie of op ruwe olie. Het dusdanig verkregen eiwitrijke gist zou mogelijk als basis voor menselijk voedsel kunnen dienen. Het idee werd ook elders onderzocht en het was in die tijd erg populair omdat men dacht daarmee een bijdrage aan het wereldvoedselprobleem te kunnen leveren. De Voedingsorganisatie TNO moest voor BP met behulp van dierproeven nagaan of deze eiwitten voor consumptie geschikt waren. Het onderzoek was geheim.

Voor BP waren de resultaten van het TNO-onderzoek ongunstig. De eiwitten bleken niet voor menselijke consumptie geschikt omdat er allergische reacties optraden. Wel bleek het geschikt als veevoer. De fabriek voor de productie van *single cell proteins* die de multinational inmiddels in Italië had gebouwd, werd, nog voordat de productie zou starten, aan een Japans bedrijf verkocht. Voor BP was hiermee het gistavontuur voorbij. TNO had met deze opdracht veel kennis en ervaring met toxicologisch onderzoek opgedaan en zich als een internationale speler op deze onderzoeksmarkt gemanifesteerd. De organisatie bleef nog jarenlang uitgebreid onderzoek doen naar *single cell proteins*, onder andere met ratten, muizen, kippen, kalveren en kwartels. Tot ver in de jaren zeventig zouden *spin-offs* van dit onderzoek in de vorm van artikelen van TNO-medewerkers de internationale academische wereld bereiken.⁵⁴

HET SULFIETONDERZOEK

De Voedingsorganisatie TNO startte naast het gist-eiwittenonderzoek in de jaren zestig een tweede groot onderzoeksproject, namelijk naar sulfieten. Ook ditmaal voor een belangrijk deel door het bedrijfsleven gefinancierd. Sulfiet of zwaveldioxide werd in de voedingsmiddelenindustrie al decennialang bewust toegevoegd om de houdbaarheid van producten te verbeteren en om verkleuring tegen te gaan. Dat was vooral bij wijnen en geconserveerde vruchten en vruchtensappen het geval. Omtrent de schadelijkheid van dit additief was nauwelijks iets bekend. Er waren weliswaar vanaf het begin van de twintigste eeuw verscheidene studies geweest, maar de resultaten waren niet eenduidig. Vooral over de vraag of, en zo ja in hoeverre, sulfiet bijdroeg aan de afbraak van thiamine (vitamine B1), bestond onvoldoende duidelijkheid. Met financiële steun van Unilever ging de Voedingsorganisatie TNO met een groot onderzoek van start om het zogenaamde *no-effect level* van sulfiet zo goed mogelijk te kunnen bepalen. Hierbij werden de richtlijnen voor voedseladditieven gehanteerd die door een gezamenlijk comité van de Food and Agriculture Organization (FAO) en de World Health Organization (WHO) van de Verenigde Naties waren opgesteld.⁵⁵

Het onderzoek - met proefdieren - resulteerde onder meer in 1970 in een proefschrift waarin de zogenaamde 'aanvaardbare dagelijkse inname' van sulfiet bij mensen was berekend en, met een veiligheidsmarge, op 7,2 mg per kilo lichaamsgewicht werd voorgesteld.⁵⁶ De richtlijnen van de FAO en de WHO, opgesteld in 1967, waren volgens TNO aan de voorzichtige kant. Zij lagen namelijk een factor 5 tot 20 lager. Bij een normaal consumptiepatroon verwachtte TNO geen risico's. Pas bij een consumptie van bijvoorbeeld meer dan 1,4 liter wijn per dag of meer dan 8 liter vruchtensap werd de 'aanvaardbare dagelijkse inname' van sulfiet overschreden. Een andere conclusie uit het proefschrift was dat door het toevoegen van sulfiet aan producten de hoeveelheid vitamine B1 niet merkbaar werd beïnvloed. Wel kon sulfiet op de lange termijn invloed hebben op de vetzuursamenstelling van producten die rijk waren aan onverzadigde vetten. Bedrijven die dergelijke producten op de markt brachten, zoals Unilever, dienden met dit mogelijke effect rekening te houden.⁵⁷

GEMODIFICEERD ZETMEEL

In de jaren zeventig nam het toxicologisch voedingsonderzoek naar koolhydraten, en met name naar moeilijk verteerbare koolhydraten zoals gemodificeerd zetmeel, aan betekenis toe. Door chemische of fysische bewerking kon natuurlijk zetmeel in de fabriek in gemodificeerd zetmeel worden omgezet. Het kreeg daardoor nieuwe eigenschappen die voor verschillende industrieën, waaronder de voedingsmiddelenindustrie, interessant waren. Na de oorlog werd gemodificeerd zetmeel in toenemende mate aan voedingsmiddelen toegevoegd om de textuur ervan te verbeteren en als bindmiddel. Vragen over de mate waarin en de wijze waarop het gemodificeerde zetmeel door het lichaam werd verteerd en afgebroken, waren omstreeks 1970 grotendeels nog onbeantwoord. Hetzelfde gold voor de kwestie of moeilijke verteerbaarheid tot gezondheidsproblemen leidde. Er was eveneens weinig bekend over de toxiciteit van verschillende soorten gemodificeerd zetmeel.

In opdracht van grote spelers in de Nederlandse zetmeelindustrie, zoals AVEBE, CPC Nederland BV en Koninklijke Scholten-Honig, ging de Voedingsorganisatie TNO eind jaren zestig onderzoek doen naar deze vragen, deels *in vitro* (met reageerbuizen), deels *in vivo* (met proefdieren). In 1971 werden de eerste resultaten in (ongepubliceerde) rapporten en artikelen vermeld. Het betrof studies naar de *in vitro*-verteerbaarheid van verschillende soorten gemodificeerd zetmeel en naar de *in vivo*-effecten van chemisch gemodificeerd zetmeel op de darmen van ratten.⁵⁸

Dat het onderzoek naar gemodificeerd zetmeel ook internationaal in de belangstelling stond, blijkt uit een overzichtsartikel uit 1971 in het vooraanstaande *Nutrition Reviews*, en uit het 15^e rapport van het gezamenlijke FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, dat in 1972 een aantal gepubliceerde en ongepubliceerde studies naar de toxicologie van enzymen en gemodificeerd zetmeel bijeenbracht.⁵⁹ Het TNO-onderzoek met ratten en muizen was daarin prominent aanwezig. Vooral studies naar een mogelijke vergroting van het begin van de dikke darm (coecum) door moeilijk verteerbare koolhydraten en gemodificeerd zetmeel trokken internationaal de aandacht. TNO-onderzoekers publiceerden hierover in 1974.⁶⁰ Het bleek dat het effect van de coecumvergroting wel optrad bij ratten en muizen, maar voor de mens niet relevant was.

De Voedingsorganisatie TNO en met name het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO (CIVO-TNO) ontwikkelden zich in de jaren zeventig en tachtig tot wereldwijd erkende experts op het gebied van moeilijk verteerbare koolhydraten. Langjarige voedingsstudies met gemodificeerd zetmeel bij muizen werden (in samenwerking met de zetmeelindustrie) voortgezet en bovendien werd de focus van het instituut gaandeweg verbreed naar experimenten met voedingsvezels en bijvoorbeeld hun relatie tot het optreden van verschillende soorten kanker.⁶¹ In november 1986 organiseerde het instituut in Zeist een internationaal congres over moeilijk verteerbare koolhydraten.⁶²

VINYLCHELORIDE

Een totaal andere industriële sector was opdrachtgever van een omvangrijke TNO-studie naar de toxiciteit van vinylchloride, een monomeer van het veelgebruikte polyvinylchloride (of pvc). Halverwege de jaren zeventig werd de blootstelling via de atmosfeer aan vinylchloride in verband gebracht met ernstige gezondheidsproblemen, waaronder verschillende soorten kankers. Er was een verhoogde toename van kwaadaardige *angio-sarcomas* van de lever gevonden bij arbeiders in pvc-fabrieken. Bovendien was aangetoond dat vinylchloride via verpakkingen waarin pvc verwerkt was, in voedingsmiddelen en drank terecht kon komen. Over de schadelijkheid van vinylchloride in voedsel was echter weinig bekend. Bracht vinylchloride ook gezondheidsrisico's met zich mee

als het oraal in het menselijk lichaam kwam, en zo ja in welke mate? Een samenwerkingsverband van een aantal Europese bedrijven, waaronder Dow Chemical Europe, AKZO, DSM, Shell Nederland en het Duitse Verband Kunststoffherzeugende Industrie e.V., gaf TNO eind jaren zeventig de opdracht hiernaar onderzoek te doen.⁶³

Verskillende groepen ratten kregen pvc-poeder met een hoog gehalte aan vinylchloride in diverse doses door hun voer gemengd. Uit het onderzoek werd duidelijk dat vinylchloride dat oraal werd toegediend, boven een bepaalde hoeveelheid per lichaamsgewicht bij ratten kankerverwekkend was. Andere TNO-studies gaven meer duidelijkheid over de aard van de tumorcellen die door vinylchloride bij ratten werden veroorzaakt.⁶⁴ Het onderzoek naar vinylchloride dat TNO tot in de jaren negentig verrichtte, gaf meer duidelijkheid over het gevaar van de stof en droeg bij tot internationale richtlijnen voor het gebruik en de productie van pvc. De Gezondheidsraad en het Comité ter Beoordeling van Kankerverwekkende Stoffen gebruikten de door TNO ontwikkelde kennis bij de risicobeoordeling van vinylchloride die voor Nederland werd opgesteld. In het comité zaten vertegenwoordigers van de overheid, de medische wereld, de chemische industrie (in casu Dow Chemical Europe), de universiteiten, het RIVM en TNO.⁶⁵

HET INHALATIEONDERZOEK

Het toxicologisch onderzoek bestond bij TNO aanvankelijk uitsluitend uit oraal onderzoek. Later werd de stap naar dermaal onderzoek gezet. Het ging daarbij om de effecten van geneesmiddelen en cosmetica, maar ook van bepaalde arbeidsprocessen, op de menselijke huid. In de jaren zeventig kwam er nog een nieuw type toxicologisch onderzoek bij, namelijk het inhalatieonderzoek.

De Voedingsorganisatie TNO had inmiddels een schat aan kennis en ervaring met toxicologie opgedaan, waardoor haar positie in het verwerven en uitvoeren van inhalatieonderzoek sterk was. Hoe sterk, bleek toen de Wetenschappelijke Adviesraad Roken en Gezondheid (WARG) in 1967 de Voedingsorganisatie TNO benaderde om een onderzoek naar sigarettenrook te starten. Dit college beheerde de door de industrie gefourneerde gelden voor wetenschappelijk onderzoek op dit domein. De opdracht van de WARG, met financiële steun van de Stichting Sigarettenindustrie, betekende voor TNO het begin van een lange traditie van inhalatieonderzoek.

Het onderzoek ging over de relatie tussen stoffen in tabaksrook en het ontstaan van longkanker en tumoren in de ademhalingswegen. Het kende zowel een analytisch-chemisch als een biologisch aspect. Bij dit laatste werden bijvoorbeeld Syrische goudhamsters langdurig aan sigarettenrook blootgesteld. Dit experimenteel longkankeronderzoek bij TNO leidde in 1975 tot een promotie aan de Rijksuniversiteit van Leiden.⁶⁶ In de jaren daarna zouden de dierexperimentele studies naar tabaksrook nog worden geïntensiveerd, vaak mede gefinancierd door het Koningin Wilhelmina Fonds en het ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM).⁶⁷

Vanuit het sigarettenrookonderzoek bouwde TNO haar inhalatieonderzoek gestadig uit. In kort- en langlopende studies werd een scala van industriële stoffen (gassen en aerosolen) op hun schadelijkheid bij inademing onderzocht. Zo testten de onderzoekers het industrieel veel toegepaste formaldehyde (onder andere gebruikt bij de productie van spaanplaten, plastics en papier en als reinigingsmiddel) bij ratten op de mate waarin het kankerverwekkend is. Zij stelden ratten, sommige met beschadigde, andere met onbeschadigde neuzen, een aantal weken tot een jaar bloot aan formaldehydestoom. Ze keken naar beschadigingen van neusweefsel en tumorvorming in de neus, en het bleek dat formaldehyde ernstige schade aan de neus kon toebrengen en tumoren kon veroorzaken.⁶⁸ Mede door deze onderzoeken, eveneens gesteund door

het Koningin Wilhelmina Fonds, werd wereldwijd de noodzaak ingezien van vervolgonderzoeken naar het gevaar van formaldehyde voor mensen. Nog steeds wordt naar deze en andere studies van het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO verwezen, bijvoorbeeld in rapporten over kankerverwekkende stoffen door het Internationaal Agentschap voor Kankeronderzoek van de Wereldgezondheidsorganisatie, en op de website van het US National Cancer Institute.⁶⁹

Een ander voorbeeld betrof het onderzoek naar methylbromide (broommethaan), een kleur- en geurloos gas dat vaak in de glastuinbouw werd gebruikt om de grond te steriliseren en als pesticide in voedselopslagloodsen. Ook in de chemische industrie vond het diverse toepassingen. Het was bekend dat het toxisch was en bij inademing van een bepaalde dosis tot de dood kon leiden. Minder bekend was de toxiciteit en de mate van kankerverwekking op langere termijn bij geringere mate van inhalatie. In samenwerking met het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieubeheer (RIVM) en in opdracht van het ministerie van VROM startte het inmiddels opgerichte Instituut voor Toxicologie van TNO eind jaren tachtig een onderzoek hiernaar.⁷⁰

Bij TNO werd ook elders onderzoek verricht dat nauw aan het inhalatieonderzoek verwant was. Het Medisch-Biologisch Laboratorium TNO, bijvoorbeeld, deed veel onderzoek naar testmethoden om effecten van stoffen op het zenuwstelsel bij proefdieren en bij mensen in een vroeg stadium op te kunnen sporen. Door de TNO-kennis te bundelen, konden talrijke stoffen waaraan mensen op de werkplek werden blootgesteld, op hun zogenaamde neurotoxische effecten worden gescreend. TNO besloot in 1991 tot de oprichting van het Adviescentrum Chemische Arbeids-omstandigheden (ACCA), waarin het Instituut voor Toxicologie en het Medisch-Biologisch Laboratorium op een viertal specifieke gebieden hun expertise gingen inzetten: genetische toxicologie, neurotoxicologie, immunotoxicologie en risk-assessment/toxicokinetiek.⁷¹ Nieuwe internationale richtlijnen voor het gebruik van veel stoffen maakten de ontwikkeling van deze expertise noodzakelijk.

Mede door de uitbouw van de eigen onderzoeksfaciliteiten en van strategische netwerken heeft TNO op een aantal deelgebieden van de toxicologie, zoals de immunologie van het neusslijmvlies, nog steeds een vooraanstaande internationale positie.⁷² De samenwerking met de universiteiten heeft onder andere de vorm van gezamenlijk promotieonderzoek en de aanstelling van bijzondere hoogleraren.⁷³ Verder zijn er samenwerkingsverbanden, bijvoorbeeld met de Wageningse universiteit en het RIVM. In 2008 is het Kenniscentrum Innovatieve Toxicologie door TNO en Wageningen Universiteit en Researchcentrum (WUR) geopend. Het centrum moet met name naar alternatieven voor dierproeven zoeken. Nog in 2010 heeft TNO met het RIVM een samenwerkingsovereenkomst voor het toxicologisch onderzoek naar chemische stoffen getekend: 'Een sterke kennispositie van beide organisaties kan de vooraanstaande internationale positie op peil houden. Door over en weer elkaar te voorzien van de juiste expertise, kennis en gegevens kunnen taken door beide organisaties blijvend adequaat worden uitgevoerd. ... TNO kiest primair voor ondersteuning van private partijen. RIVM heeft een publieke taak. In de samenwerking wordt voorkomen dat de organisaties in welk opzicht dan ook in hun onafhankelijke positie aangetast zouden kunnen worden.'⁷⁴

TUSSEN BEDRIJFSLEVEN EN CONSUMENTENORGANISATIES

De Voedingsorganisatie TNO gebruikte haar onderzoeksfaciliteiten en kennis niet alleen voor contractonderzoek voor het bedrijfsleven. Vanaf de tweede helft van de jaren zeventig klopten ook consumentenorganisaties in toenemende mate bij TNO aan,

zowel voor vergelijkend onderzoek naar levensmiddelen als voor onderzoek naar de toxiciteit van voedingsbestanddelen. Dat dit tot gespannen verhoudingen met de 'traditionele' partner, de industrie, kon leiden, bleek eind jaren zeventig.

Konsumenten Kontakt (KK) had de Voedingsorganisatie TNO in de arm genomen om de veiligheid van potjes babyvoedsel, waaronder Olvarit van Nutricia, te onderzoeken.⁷⁵ Uit het onderzoek kwam naar voren dat er te veel nitraat in de potjes zat, hetgeen KK openbaar maakte. Nitraat verandert bij opwarming in nitriet, dat bij te hoge concentraties schadelijk voor de gezondheid is. Nutricia, dat na dit nieuws zijn omzet Olvarit fors zag dalen, reageerde furieus en stelde KK juridisch aansprakelijk. Het bedrijf had namelijk twijfels over de gehanteerde onderzoeksmethodiek. Hierop meldde KK aan TNO dat als de kritiek van Nutricia terecht zou blijken en er schadeclaims betaald moesten worden, de consumentenorganisatie gedwongen zou kunnen zijn juridische stappen tegen TNO te ondernemen, temeer daar het al 'de derde keer is dat er moeilijkheden zijn'.⁷⁶

TNO stelde in deze kwestie dat het voor haar van wezenlijk belang was dat 'de gegevens correct moeten worden weergegeven. Als men [KK - auteur] stelt dat nitriet, of ook zout, giftig of schadelijk is, moet men hierbij een uitleg geven, want paniek zaaien kan niet de bedoeling zijn en ook KK is er niet mee gebaat dat men er tegenin gaat schrijven'.⁷⁷ Bovendien werd er benadrukt dat men de meetgegevens altijd naar de fabrikant moest doorspelen en dat vermeld diende te worden dat het onderzoek door TNO was uitgevoerd (wat KK volgens eigen zeggen ook altijd had gedaan). Verder moest de Voedingsorganisatie TNO voldoende tijd krijgen voor het geven van antwoorden op vragen van fabrikanten als daar aanleiding toe was. Maar blijkbaar had TNO zelf in deze kwestie ook wel wat steken laten vallen, want men meldde dat er inmiddels 'intern maatregelen zijn genomen'. Echter, een 'waterdichte garantie dat er in de toekomst op dit gebied geen moeilijkheden meer zullen optreden', kon niet worden gegeven.

Bovenstaand voorbeeld laat zien dat onderzoek in opdracht van belangenorganisaties een andere dynamiek met zich meebracht dan onderzoek ten behoeve van product- of procesontwikkeling in opdracht van het bedrijfsleven of door het ministerie geëntameerd onderzoek. KK gaf zelf aan dat het een 'pressie-organisatie' was en dat 'de teneur' van zijn publicaties 'daarmee verband houdt'. Ook wilde de organisatie niet altijd de tijd nemen om uitgebreid met fabrikanten en TNO om de tafel te gaan zitten om onderzoeksresultaten door te spreken. Ofschoon de Voedingsorganisatie TNO dus sterk benadrukte dat er zorgvuldig met de onderzoeksresultaten moest worden omgesprongen, gaf ze wel aan dat ze onderzoek voor consumentenorganisaties wilde blijven doen 'en dat getracht moet worden dit in de toekomst nog beter te doen'.⁷⁸ In 1980 werden in opdracht van consumentenorganisaties circa twintig producten van verschillende merken getest. Het ging daarbij om bijvoorbeeld diepvriespatat, appelmoes en tomatenpuree, maar ook om een niet-voedingsmiddel als contactlenzenvloeistof en desinfectiemiddelen voor drinkwater.⁷⁹

Toch blijft het thema van TNO als onafhankelijke onderzoeksorganisatie actueel, zeker in situaties waar de schadelijkheid en de veiligheid van voedingsmiddelen in het geding zijn. De belangen van het bedrijfsleven kunnen op gespannen voet staan met de acties van consumentenorganisaties en met het beleid van de overheid dat een publiek belang dient. Resultaten uit contractresearch kunnen negatief uitvallen voor een bedrijf. Het is niet evident hoe bedrijven en hoe TNO daarmee omgaan, vooral in het geval dat geheimhouding is afgesproken. En als er sprake is van collectieve research, speelt altijd de vraag hoe wordt gewaarborgd dat dergelijke research niet te

veel door de belangen van individuele bedrijven gestuurd wordt. En in het geval van het publieke debat: hoe voorkomt TNO het beeld van belangenverstrengeling en hoe zorgt zij ervoor dat de nuances van haar onderzoek doordringen in de boodschap van media en publieke organisaties?

Begin jaren zeventig was dit speelveld van belangen waarop de Voedingsorganisatie TNO in het onderzoek naar voedselveiligheid opereerde, scherp uitgetekend. Binnen de context van een brede maatschappelijke kritiek op technologie, industrialisatie en consumentisme (zie de Epiloog), keerden kritische consumenten en wetenschappers zich tegen 'fabrieksvoedsel', technologisch bewerkt en vol met additieven. Onnodig en ongezond, oordeelden zij.⁸⁰ Onzin, vonden de voedingsonderzoekers van TNO, maar zij hoedden zich ervoor met die stelling deel te nemen aan de maatschappelijke discussie hierover. De TNO-deskundigheid rond deze materie werd wel uitgedragen in radio- en tv-programma's en men publiceerde erover in semiwetenschappelijke tijdschriften, maar het debat werd niet opgezocht. Het boek *Voedsel in Nederland. Gezondheid, bedrog en vergif* (1973) liet men links liggen. Enerzijds overtuigd van de eigen, wetenschappelijk verkregen en genuanceerde onderzoeksresultaten, anderzijds zich bewust van de moeilijkheid om die nuance in het gepolariseerde maatschappelijke debat te krijgen, koos men voor afzijdigheid. Waarschijnlijk speelde ook mee dat men het bedrijfsleven, de opdrachtgever die vertrouwelijkheid eiste, niet TNO-schuw wilde maken.

Dit leidde wel tot een zekere mate van frustratie over de (in de ogen van TNO-onderzoekers verkeerde) perceptie van de onveiligheid van voedsel bij veel consumenten. Het bleek niet eenvoudig om die beeldvorming te veranderen. Het vertrouwde domein van de wetenschap, in dit geval de communicatiewetenschap, werd gebruikt om de boodschap duidelijk en onder een groot publiek te verspreiden. Maar de materie bleek weerbarstig, zoals tabel 9.1 laat zien. De burger liet zich in de jaren zeventig niet meer zo makkelijk door de wetenschap overtuigen als in de jaren vijftig. In het volgende hoofdstuk zullen we daarvan nog een voorbeeld zien rond de fluoridering van drinkwater.⁸¹

RECENTE UITDAGINGEN: MENGSELS, GENOMICS EN SYSTEEMBIOLOGIE

In 1985 zette de Gezondheidsraad in een advies aan de regering de potentiële gezondheidsrisico's van combinaties van chemische stoffen op de agenda. Tot dan toe waren namelijk hoofdzakelijk de toxiciteit en de risico's van individuele chemische stoffen onderzocht. Mensen worden echter, bijvoorbeeld op de werkvloer maar ook in hun voeding, vaak tegelijkertijd of kort na elkaar aan een combinatie van chemicaliën blootgesteld. Onderzoeken mochten dan wel hebben aangetoond dat blootstelling aan een enkele chemische stof (tot een zekere dosis) geen gezondheidsrisico's met zich meebracht, weinig was echter bekend over de risico's van blootstelling aan een combinatie van chemische stoffen, bijvoorbeeld een combinatie van voedingsadditieven.

Het advies van de Gezondheidsraad leidde tot diverse onderzoeksprogramma's. TNO Voeding (de opvolger van de Voedingsorganisatie TNO) ging daarin prominent participeren. Het onderzoeksprogramma over mengseltoxiciteit werd hoofdzakelijk met een doelsubsidie van VROM gefinancierd.⁸² Het hoofddoel van het programma was om de hypothese te testen dat combinaties van stoffen bij inname of inademing in zijn algemeenheid geen gevaar voor de volksgezondheid opleverden, zolang de niveaus van blootstelling van de afzonderlijke stoffen onschadelijk (laag) waren.⁸³ Het onderzoek leidde uiteindelijk tot een integrale toxicologische benadering met behulp van *toxicogenomics*.⁸⁴

Aanvankelijk bestond het empirisch toxicologisch onderzoek bij TNO louter uit dier-

proeven, waarbij organismen als geheel aan stoffen werden blootgesteld. Dit zogenaamde *in vivo*-onderzoek werd gaandeweg gecombineerd met (en later vervangen door) tests met specifieke lichaamsweefsels in laboratoriumglaswerk, het *in vitro*-onderzoek. Een promotieonderzoek begin jaren negentig paste bijvoorbeeld nog beide typen onderzoek toe. De studie betrof de schadelijkheid voor mensen van combinaties van vervuilende gassen in de atmosfeer. Ratten werden aan mengsels van onder andere formaldehyde, acetaldehyde en acroleïne blootgesteld, maar dergelijke stoffen werden ook op hun toxiciteit getest in glas met geïsoleerde menselijke en ratte-epitheelcellen.⁸⁵

Een volgende stap in het onderzoek betrof het zogenaamde *in silico*-onderzoek in de jaren negentig, waarbij men met behulp van computersimulaties de toxiciteit van stoffen ging bestuderen. Dergelijke nieuwe onderzoeksmethoden werden op een in Nederland gehouden Europese conferentie over mengseltoxicologie besproken.⁸⁶ TNO organiseerde deze conferentie in 1995 samen met het RIVM en de Duitse Senatskommission der DFG zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Het congres gaf de toegenomen internationale aandacht voor de problematiek van mengseltoxicologie goed weer.

Van nog recentere datum dan het *in silico*-onderzoek is de *translationele* toxicologie. Deze vorm van toxicologisch onderzoek is opgepakt door het Kenniscentrum Innovatieve Toxicologie, waarin TNO met Wageningen Universiteit samenwerkt. In 2009 financierde TNO een leerstoel in de translationele toxicologie aan de WUR. Het begrip translationeel onderzoek is in de medische wetenschappen opgekomen voor onderzoek dat een brug vormt tussen het medisch-biologisch en het klinisch onderzoek. Voor toxicologie betekent translationeel dat gentechnologische en systeembioologische kennis in combinatie met *in vitro*-onderzoek rechtstreeks naar de menselijke situatie kan worden vertaald.

Een belofte van de translationele toxicologie is dat het gebruik van proefdieren aanmerkelijk kan worden teruggebracht. De groeiende maatschappelijke aversie tegen het proefdiergebruik is daarvoor een belangrijke motivatie. Die aversie vindt inmiddels ook haar weerslag in Europese regelgeving. Vanaf 2009 mogen er in Europa geen dierproeven meer worden uitgevoerd voor het testen van de veiligheid van ingrediënten van cosmetica; per 2013 zijn dierproeven niet meer toegestaan voor het vaststellen van chronische toxiciteit, reproductietoxiciteit en overgevoeligheid.⁸⁷ Bij translationele toxicologie wordt het proefdieronderzoek voor een belangrijk deel vervangen door *in vitro*-onderzoek met organen, weefselplakjes, cellen of celcomponenten van menselijke oorsprong. Met behulp van de gentechnologie is vervolgens steeds beter te bepalen wat de overeenkomsten en de verschillen tussen bijvoorbeeld de levercellen van ratten en de levercellen van mensen zijn en welke genen bij blootstelling aan kankerverwekkende stoffen worden beïnvloed. De systeembioologie levert tevens de inzichten in de biologische processen die door de stof worden ontregeld.

Wereldwijd komt er op deze wijze genetische en systeembioologische informatie beschikbaar. Deze informatie vormt de basis voor modellen die proefdierexperimenten overbodig maken, evenals de lastige extrapolatie van de uitkomsten van proefdieronderzoek naar de mens.⁸⁸ Om dit nieuwe type onderzoek kans van slagen te geven, is het nodig dat de internationale regelgeving en protocollen voor de beoordeling van de toxicologie en veiligheid van stoffen worden aangepast. Deze beoordelingen kunnen anders, zo is de overtuiging van de onderzoekers bij TNO.

Eric Berkers

10. TNO EN GEZONDHEID (1949-1970)

Foto's van Cas Oorthuys en een gedicht van de bekende schrijver Max Dendermonde sieren het boek *Samen leven met het leven*, dat ter gelegenheid van het vijftigjarig bestaan van de Gezondheidsorganisatie TNO - en haar voorlopers - in 1966 verscheen.⁸⁹ Dendermonde had ook de redactie van het gedenkboek op zich genomen. Dat niet de minste namen waren gevraagd, toont de maatschappelijke betekenis en het zelfbewustzijn van dit onderdeel van TNO midden jaren zestig. Gezondheidszorg maakte een maatschappelijke groeispurt door. In 1961 had de minister van Sociale Zaken en Volksgezondheid laten weten dat '... in Nederland een doelmatig en gericht beleid in de zorg van de volksgezondheid gegrondvest dient te zijn op de resultaten van wetenschappelijk speurwerk en dat hij zal trachten de ontwikkeling hiervan ... te bevorderen'.⁹⁰ Had Nederland begin jaren vijftig nog iets meer dan 3% van het bruto binnenlands product aan gezondheidszorg besteed, in de jaren zestig werd de 5% al ruim overschreden. Pas halverwege de jaren zeventig, toen zo'n 7,5% aan zorg werd uitgegeven, begon de groei wat af te vlakken.

Het derde kwart van de twintigste eeuw is internationaal als een periode van grote bloei voor de medische wetenschap te boek gesteld. De Britse arts en publicist James Le Fanu identificeerde maar liefst negen van 'zijn' 12 doorbraken in de moderne geneeskunde in de 25 jaar sinds het begin van de Tweede Wereldoorlog.⁹¹ In 1941 was de eerste patiënt in Engeland met penicilline behandeld. Ongeveer tien jaar later was de 'intensive care' ingevoerd en betekende chloropromazine een forse stap voorwaarts bij de behandeling van schizofrenie. In 1955 kon dankzij de ontwikkeling van de hart-long-machine voor het eerst een openhartoperatie worden uitgevoerd. En begin jaren zestig was de eerste kunstheup geïmplant, had de eerste niertransplantatie plaatsgevonden en werd voor het eerst succesvol hoge bloeddruk, een belangrijke oorzaak van een beroerte, met medicijnen bestreden. Op tal van diagnostische en therapeutische domeinen, of het nu de geestelijke gezondheidszorg, cardiovasculaire specialisaties of transplantatiegeneeskunde betrof, claimde de moderne geneeskunde terecht haar successen. Op evenzovele medische domeinen was TNO inmiddels actief. Er werd onderzoek gedaan naar hart- en vaatziekten, naar de oorzaken en de voorkoming van tandbederf, naar de expressiemogelijkheden van afasiepatiënten, maar ook naar de kwaliteit van het binnenklimaat, nieuwe technieken voor bestraling van tumoren en naar ziekteverzuim op het werk, om slechts enkele van de tientallen studies te noemen die midden jaren zestig plaatsvonden.

DE OPRICHTING VAN DE GEZONDHEIDSORGANISATIE TNO (1949)

Het begin van de Gezondheidsorganisatie TNO was in vergelijking met haar latere activiteiten bescheiden. Het initiatief kwam ook uit een onverwachte hoek: niet uit de medische, maar uit de ingenieurswereld. Het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (KIVI) had in 1935 geoordeeld dat het hygiënisch inzicht van de ingenieur - wij zouden tegenwoordig zeggen: de aandacht voor het leefmilieu - moest worden vergroot. Technici zouden meer met hygiënist moeten gaan samenwerken. Om die reden riep het KIVI een afdeling voor Gezondheidstechniek in het leven. Aanvankelijk richtte de afdeling zich op twee thema's: de klimaatregeling in gebouwen en de stofbestrijding in fabrieken. Door een subsidie in 1938 van het toen zes jaar oude TNO kon een ingenieur in dienst worden aangenomen.

De afdeling was echter ontevreden over de organisatorische inbedding en de aansturing van haar onderzoek en besloot eind 1941 het onderzoek bij TNO onder te brengen, die daarvoor de Organisatiecommissie Gezondheidstechniek TNO in het leven riep. Naast het begeleiden van het onderzoek moest de commissie ook de oprichting van een Bijzondere Organisatie binnen TNO voorbereiden 'voor de volksgezondheid in

het algemeen'.⁹² De oorlog stond echter een snelle afwikkeling van de laatste taak in de weg.⁹³ In 1949 werd alsnog de Gezondheidsorganisatie TNO opgericht.⁹⁴ Hiermee kwam een eind aan het bestaan van de Organisatiecommissie Gezondheidstechniek. Haar werk werd voortgezet door de Afdeling (later: Instituut) Gezondheidstechniek, onderdeel van de Gezondheidsorganisatie TNO.

Tot die tijd was het gezondheidsonderzoek binnen TNO vooral bepaald geweest door zijn wortels in de ingenieurswereld. Gezondheid in relatie tot de gebouwde omgeving en de werkplek stond centraal. Nederlandse instellingen waarmee TNO samenwerkte, onderstreepten deze focus. In de diverse 'gezondheids-werkgroepen' zaten naast vertegenwoordigers van de Arbeidsinspectie en de Inspectie voor de Volksgezondheid ook vertegenwoordigers van organisaties als de Stichting Ratio-bouw, de Warmte-stichting, het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening, de Staatsmijnen en de Nederlandse Spoorwegen.⁹⁵

Een sterkere verankering in de medische wereld werd in het eerste bestuur van de Gezondheidsorganisatie TNO zichtbaar. Behalve uit senaatsleden van zes Nederlandse universiteiten en van de Technische Hogeschool Delft bestond het bestuur onder andere uit afgevaardigden van de Koninklijke Nederlandse Maatschappij tot Bevordering der Geneeskunst, de Koninklijke Nederlandse Maatschappij ter Bevordering der Pharmacie, de Nederlandse Maatschappij tot Bevordering van de Tandheelkunde en de Gezondheidsraad (drie leden).⁹⁶ De verankering in de medische wereld betekende een breuk met het overheidsbeleid. Tot die tijd had het rijk zich vooral met preventie en leefmilieu bemoeid. De medische zorg werd daarentegen grotendeels aan het particuliere initiatief overgelaten, onder andere aan verzuilde instellingen als de kruisverenigingen. TNO ging zich nu uitdrukkelijk met de medische zorg bemoeien.

Het onderzoek van de Gezondheidsorganisatie richtte zich vooral op algemene kennisontwikkeling (zie categorie 5 in tabel 10.1). Een belangrijk thema was bijvoorbeeld astma. Men deed onder andere onderzoek naar de factoren die bij jonge kinderen van invloed waren op de eerste astmatische verschijnselen of naar het effect van een luchtwegeninfectie op het optreden van astma-aanvallen. Dergelijk onderzoek was (nog) niet op de verbetering van een medische praktijk of het ontwikkelen van zorgbeleid gericht. Dat gold wel voor een andere categorie onderzoekingen (zie categorie 2 in tabel 10.1). Daarbinnen viel bijvoorbeeld het onderzoek naar de oorzaken van ontsteking van het hersenweefsel, dat soms optrad na vaccinatie. Dit onderzoek diende om het vaccin en de vaccinatieprocedures te kunnen verbeteren. Tot slot was diagnostiek een onderzoeksthema (zie categorie 3 in tabel 10.1), bijvoorbeeld het lokaliseren van hersentumoren met behulp van radio-isotopen.

Een van de onderzoeken die de Gezondheidsorganisatie TNO in dit tijdvak startte, en een onderzoek dat de grote veranderingen in de gezondheidszorg na de Tweede Wereldoorlog goed illustreert, was het experimenteren met nieuwe vormen van administratie van medische gegevens (zie categorie 2 in tabel 10.1). De ziekenhuiszorg was namelijk in enkele decennia fors gegroeid. Zowel de aanbodzijde aan intramurale zorg (specialisten, verpleegkundigen, diagnosestellingen, therapieën, medische technologie) als de vraag ernaar (patiënten, ziekenhuisbedden) was al voor de oorlog sterk gestegen. Die stijging zette zich na 1945 door, met als gevolg dat ziekenhuizen met organisatorische en logistieke problemen te maken kregen. De Gezondheidsorganisatie TNO begon daarom in 1952 een onderzoek dat moest leiden tot een nieuwe, uniforme en doelmatige manier van het registreren van verschillende gegevens door Nederlandse ziekenhuizen. Het moest de bedrijfsvoering van individuele ziekenhuizen verbeteren, maar ook het landelijk beleid op het gebied van intramurale zorg.

Tabel 10.1: Onderzoeksthema's van de Gezondheidsorganisatie TNO in 1955*

TYPE ONDERZOEK	AANTAL THEMA'S
1. Ontwikkeling van nieuw product, proces of productiemiddel	0
2. Onderzoek naar een of meer aspecten van product, proces of productiemiddel	5
3. Ontwikkeling van analyse-, test- en experimentele methoden	6
4. Keuring van stoffen en producten	0
5. Onderzoek in relatie tot maatschappelijke thema's, zoals astma	11
6. Niet in te delen	3
TOTAAL	25**

Bron: Jaarverslag Gezondheidsorganisatie TNO 1955.

* Het onderzoek in dat jaar omvatte 22 thema's. Daaronder konden meerdere projecten vallen.

** Drie thema's zijn in twee categorieën geïnclassificeerd.

Naast patiëntgegevens en informatie over de ziektegeschiedenissen ten behoeve van zowel specialisten als ziekenhuisdirecties, moesten ook financiële en overige administratieve gegevens op uniforme wijze geregistreerd gaan worden, zo was het idee. Hieronder vielen het aantal verpleegdagen, verpleegkosten, bijkomende kosten, klasse van verpleging, betalende verzekering en dergelijke.⁹⁷

TNO bestudeerde verschillende ponskaartsystemen en beproefde ze in de ziekenhuispraktijk. De Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten ponste de gegevens in de ponskaarten. Met behulp van tabelleermachines drukte TNO vervolgens gecodeerde overzichten af, die gedecodeerd en gecomprimeerd werden, waarna vergelijkende overzichten werden opgesteld.⁹⁸

Het zou tot 1958 duren voordat de Gezondheidsorganisatie TNO de resultaten van het onderzoek naar medische registratie publiceerde.⁹⁹ De ziekenhuispraktijk was weerbarstig gebleken. Vijf van de negen instellingen die aanvankelijk met de tweejarige proef zouden meedoen, waren onderweg afgehaakt en hadden uiteindelijk geen gegevens geleverd. Behalve op een goed functionerende ziekenhuisadministratie en een goede discipline onder het verplegend personeel, werd in retrospectief dan ook gewezen op de noodzakelijke medewerking van artsen voor het welslagen van een dergelijke uniforme en centrale registratie. 'Niet elk ziekenhuis blijkt ... aan deze voorwaarden te voldoen, en men kan zich met enige zorg afvragen of de naaste toekomst in dit opzicht veel verandering ten goede zal brengen,' zo concludeerde Dirk Hoogendoorn, arts te Wijhe, in 1959.¹⁰⁰

Toch zou dit eerste TNO-onderzoek naar een moderne vorm van medische registratie een vervolg krijgen. De behoefte hieraan bleef immers bestaan en de Gezondheidsorganisatie TNO werd nog eind jaren vijftig door ziekenhuizen benaderd om subsidie te verstrekken voor experimenten die voortbouwden op het eerdere TNO-onderzoek. Uit deze nieuwe, door de Gezondheidsorganisatie TNO gesubsidieerde proeven, zou uiteindelijk de Stichting Medische Registratie ontstaan, waarbij midden jaren zestig circa vijftig ziekenhuizen waren aangesloten. Deze Stichting werd de motor achter de geautomatiseerde centrale ontslagregistratie van Nederlandse ziekenhuizen en een pijler onder het nog steeds bestaande landelijke medische registratiesysteem.

De Gezondheidsorganisatie TNO was, net als de Nijverheidsorganisatie TNO en de Voedingsorganisatie TNO, te betitelen als een collectieve researchorganisatie. Maatschappelijke organisaties en instellingen bepaalden in hoge mate haar onderzoeksprogramma. Toch verschilde zij van karakter van de andere twee Bijzondere

Organisaties van TNO. Het onderzoek was meer op algemene kennisontwikkeling gericht en minder op de verbetering van een proces, een praktijk of een beleid. De organisatie ondersteunde meer dan de andere twee het onderzoek van externe instituten, waaronder universiteiten: in de periode 1950-1956 meer dan 100 projecten (zie tabel 10.2). Bovendien hadden onderzoekers van elders - onder andere hoogleraren van academische ziekenhuizen - de leiding over het TNO-onderzoek of namen zij deel aan het onderzoek. De Gezondheidsorganisatie TNO was daarmee een netwerkorganisatie 'avant la lettre'.

Tabel 10.2: Door de Gezondheidsorganisatie TNO gesubsidieerd onderzoek tussen 1950 en 1956

TYPE ONDERZOEK	AANTAL THEMA'S
Medische Fysica	24
Interne Geneeskunde	23
Sociale Geneeskunde	9
Psychiatrie en Neurologie	8
Kindergeneeskunde	8
Farmacologie en Toxicologie	7
Bacteriologie, serologie, bloedgroepvraagstukken	6
Heelkunde	5
Psychologie	5
Verloskunde	4
Oogheelkunde	4
Laboratoriumonderzoek	3
Keel-, neus-, oorheelkunde	1
Diversen	5
TOTAAL	112

Bron: Jaarverslagen TNO, 1950-1956.

HET GEZONDHEIDSONDERZOEK (1949-1970)

Het onderzoek binnen de Gezondheidsorganisatie TNO was in de periode tot 1970 in vier onderzoeksinstituten georganiseerd (aanvankelijk 'afdelingen' geheten). Verder waren er werkgroepen, commissies, projectgroepen en diensten waaronder onderzoek kon ressorteren (zie de tabellen 10.3 en 10.4). Hieruit ontstonden na 1970 ook enkele onderzoeksinstituten. Van de vier oudste geven wij hieronder een beknopte impressie. In de volgende paragraaf zullen we aan de hand van enkele casussen wat dieper ingaan op het uiteenlopende werk van de Gezondheidsorganisatie TNO.

Het Instituut voor Gezondheidstechniek hield zich met belangrijke determinanten voor persoonlijke gezondheid in het leefmilieu bezig: bodem, water en lucht. Bovendien lag er een sterke focus op de arbeids- en woonomgeving. Al vanaf de start waarschuwde de leiding dat het werk van Gezondheidstechniek andere resultaten zou opleveren dan de traditionele TNO-organisaties, zoals de Nijverheidsorganisatie TNO. Besparingen in productieprocessen en dergelijke waren niet te verwachten. Integendeel: '... maar de grote winst voor de samenleving - en dus ook voor de productie - ligt in het voorkómen van uitgaven voor de genezing, in de verhoging van het lichamelijk en geestelijk welzijn'.¹⁰¹

Tabel 10.3: De Gezondheidsorganisatie TNO in 1970

OPMERKINGEN	
INSTITUTEN	
Instituut voor Gezondheidstechniek TNO	In 1958 opgericht. Vanaf 1950 kende de Gezondheidsorganisatie een afdeling Gezondheidstechniek. In 1973 opgegaan in het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO.
Medisch-Fysisch Instituut TNO	In 1960 opgericht. Vanaf 1951 kende de Gezondheidsorganisatie een Medisch-Fysische Afdeling.
Radiobiologisch Instituut TNO	In 1960 opgericht. Vanaf 1956 kende de Gezondheidsorganisatie een afdeling Radiobiologie.
Nederlands Instituut voor Preventieve Geneeskunde TNO	In 1960 bij TNO gekomen.
WERKGROEPEN EN COMMISSIES	
Werkgroep Tuberculine-onderzoek TNO	In 1954 opgericht.
Werkgroep TNO Tand- en Mondziekten	In 1968 opgericht. Vanaf 1952 kende de Gezondheidsorganisatie een Cariës-werkgroep.
Commissie voor Klinisch Geneesmiddelenonderzoek TNO	In 1967 opgericht. Vanaf 1952 kende de Gezondheidsorganisatie een Adviescommissie Klinisch Geneesmiddelenonderzoek.
Atherosclerose-Werkgroep TNO	In 1961 opgericht. Vanaf 1955 kende de Gezondheidsorganisatie de Adviescommissie Atherosclerose. In 1973 opgegaan in het Gaubius Instituut.
Werkgroep Bejaardenonderzoek TNO	
Werkgroep TNO Epidemiologie van CARA	
Werkgroep Experimentele Gerontologie TNO	In 1970 opgericht. Vanaf de jaren vijftig kende de Gezondheidsorganisatie een Adviescommissie inzake Gerontologische Vraagstukken.
Werkgroep TNO voor Klinische Neurofysiologie	
Commissie voor Arbeidsgeneeskundig Onderzoek TNO (CARGO)	
Werkgroep Keuring van Tandheelkundige Materialen TNO	
PROJECTGROEPEN	
Projectgroep Epilepsie-onderzoek TNO	
Projectgroep Psychohygiëne TNO	
Projectgroep Praediabetes TNO	
DIENSTEN	
Centraal Proefdierenbedrijf TNO	Opgericht in 1951.
Radiologische Dienst TNO	Opgericht in 1967.
Primatencentrum TNO	Tot 1 januari 1971 onderdeel van het Radiobiologisch Instituut. Daarna een zelfstandige dienst.

Bron: Jaarverslag Gezondheidsorganisatie TNO 1970.

Tabel 10.4: Verdeling van de middelen binnen de Gezondheidsorganisatie TNO in 1970

INSTITUTEN, WERKGROEPEN EN DERGELIJKE	PERCENTAGE VAN DE TOTALE MIDDELEN (f 29 MILJOEN, PRIJSPEIL 2010: € 53,7 MILJOEN)
INSTITUTEN	68
Instituut voor Gezondheidstechniek	19
Medisch-Fysisch Instituut	11
Radiobiologisch Instituut	20
Nederlands Instituut voor Preventieve Geneeskunde	18
ANDERE ORGANISATIEONDERDELEN, WAARONDER	32
Atherosclerose-Werkgroep	4
Commissie voor Klinisch Geneesmiddelenonderzoek	2
Centraal Proefdierenbedrijf	10
Overig en algemeen	16
TOTAAL	100

Bron: Jaarverslag Gezondheidsorganisatie TNO 1970.

Opmerking: De omrekeningsfactor is 1,85 van guldens voor het jaar 1970 naar euro's in 2010 (voor inflatie gecorrigeerd). Bron: CBS.

De tweede pijler, het Medisch-Fysisch Instituut, moest nieuwe natuurkundige kennis voor medische toepassingen beschikbaar maken. Met een expliciete verwijzing naar de baanbrekende rol die de elektriciteit vanaf het begin van de twintigste eeuw in de gezondheidszorg was gaan spelen, kreeg het instituut als initiële taak 'onderzoek te verrichten ten einde te geraken tot de toepassing van apparaten en methodieken voor de medische praktijk en het medisch onderzoek'.¹⁰² Aanvankelijk ging het instituut door met het onderzoek naar ultraviolette straling dat TNO reeds vanaf 1942 in samenwerking met de NV KEMA, die elektrotechnische materialen keurde, uitvoerde. Verder ontwikkelden de onderzoekers in die jaren elektrofysische apparaten zoals impulsgeneratoren en polsfrequentimeters. Spoedig na de oprichting deed het instituut onderzoek naar een brede variëteit van nieuwe technieken, methoden en instrumenten. Een van die technieken - de echografie - komt hierna uitvoeriger aan de orde.

Het Radiobiologisch Instituut, het derde instituut, kwam voort uit het Medisch-Fysisch Instituut. Het deed onderzoek naar de biologische effecten van ioniserende straling. Verder ontwikkelde het nieuwe methoden om stralingsziekte en andere vormen van stralingsschade te behandelen. Een derde thema van belang betrof de bestralingstechnieken voor de radiotherapie van kwaadaardige gezwellen. Voor veel van dit onderzoek waren muizen, ratten en apen nodig. Voor die laatste werd het Primatencentrum TNO opgericht. Het Radiobiologisch Instituut bezat begin jaren zestig de enige Europese apenkolonie voor onderzoek naar bestraling en beenmergtransplantaties. Het was van groot belang om te kunnen werken met proefdieren zonder ziekteverwekkers; daarom werden de dieren onder strenge controles zelf gefokt. Een internationaal succes boekte het Radiobiologisch Instituut, samen met de Universiteit Leiden, eind jaren zestig met de eerste geslaagde beenmergtransplantatie. Het leverde een publicatie in *The Lancet* op en was een katalysator voor het onderzoek naar stamceltherapie, belangrijk voor de behandeling van onder andere bloedkanker en lymfklierkanker.¹⁰³

Aan de bovengenoemde drie onderzoeksinstituten voegde TNO in de jaren zestig nog een vierde toe. In 1960 werd het toen dertig jaar oude Nederlandse Instituut voor Preventieve Geneeskunde onder het beheer van TNO gebracht. Dit instituut was in 1929 aan de Rijksuniversiteit van Leiden opgericht en hield zich in eerste instantie met de preventie tegen besmettelijke ziekten als tuberculose en pokken bezig. Nog vóór de Tweede Wereldoorlog was het werkterrein aanmerkelijk uitgebreid. In 1941 kende het instituut drie afdelingen: een afdeling Bacteriologie en Experimentele Pathologie, een afdeling Genetica en een afdeling Hygiëne en Arbeidsfysiologie. Ter ondersteuning werd een afdeling Statistiek aan het instituut toegevoegd. Deze laatste afdeling ging ook systematisch ziekteverzuim bij bedrijven in kaart brengen. De geestelijke gezondheid, aanvankelijk met een focus op arbeidsverhoudingen, jeugdcriminaliteit en beroepskeuzevoorlichting, kreeg in 1942 eveneens een eigen afdeling binnen het instituut. Als laatste werd in 1953 een afdeling voor Sociale Hygiëne in het leven geroepen, die zich vooral richtte op analyses van kindersterfte, de ontwikkeling van het kind en, sinds begin jaren zestig, op 'de problematiek van de bejaarde'.¹⁰⁴ Toen stond het instituut al, 'na de moeilijke periode die het ... heeft doorgemaakt', onder beheer van de Gezondheidsorganisatie TNO.¹⁰⁵ In 1966 verloor het instituut zijn zelfstandigheid en kreeg het een plaats binnen de Gezondheidsorganisatie TNO.

In 1970 ging ruim twee derde van de middelen van de Gezondheidsorganisatie naar deze instituten. Eén derde ging naar het werk van afdelingen, werkgroepen, adviescommissies en gespecialiseerde diensten (zie tabel 10.4). Het Primatencentrum, aanvankelijk als onderdeel van het Radiobiologisch Instituut, is al genoemd. Ook herbergde TNO vanaf begin jaren vijftig het Centaal Proefdierenbedrijf. Het stond niet alleen het onderzoek van TNO ten dienste, maar leverde ratten, muizen en cavia's voor laboratoria in het hele land. De afdeling Selectie trachtte door speciale fokprogramma's de meest geschikte dieren voor verschillende soorten van onderzoek te verkrijgen. De afdeling Vermeerdering fokte op grote schaal de dieren voor onderzoekers. Economische en diervriendelijke argumenten werden gebruikt om de Nederlandse proefdierfokkerij bij TNO te concentreren. Kleine fokkerijen konden zich immers geen wetenschappelijke staf en geschoolde dierenverzorgers veroorloven. Zij zouden veel 'materiaal' verspillen en meer dieren fokken dan nodig was.¹⁰⁶

GENEESMIDDELEN EN TUBERCULOSE

Een van de grootste en oudste onderzoekscommissies van de Gezondheidsorganisatie TNO was de Commissie (aanvankelijk Adviescommissie) voor Klinisch Geneesmiddelenonderzoek. Voor de uitvoering van het werk beschikte ze over een werkgroep. In 1952 startte TNO met het onderzoek naar geneesmiddelen. Vanuit de medische wereld werd toentertijd de behoefte aan dergelijk onderzoek uitgesproken. In het *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* publiceerde professor C. de Langen, voormalig klinisch hoogleraar in Utrecht, een artikel over 'het probleem van de steeds wassende stroom van moderne geneesmiddelen'.¹⁰⁷

Er was al wetgeving waarin stond waaraan de farmaceutische industrie moest voldoen voor het op de markt brengen van nieuwe geneesmiddelen. TNO oordeelde echter dat een onafhankelijke partij de werking van geneesmiddelen diende te onderzoeken en artsen hierover diende voor te lichten. Dat was des te urgenter vanwege '... de reclame en de aanprijzingen van de zich steeds uitbreidende farmaceutische industrie en groothandel, die, gesteund door hun grote financiële kracht, welke zij aan het budget van onze patiënten ontnemen, een steeds groter wordende invloed uitoefenen op hetgeen de arts zijn patiënten voorschrijft'.¹⁰⁸ Overigens schrok TNO er zelf niet voor terug om advertenties van geneesmiddelenfabrikanten in het eigen *TNO-Nieuws* op te nemen.¹⁰⁹

Zowel in opdracht van farmaceutische bedrijven als van artsen, maar ook op eigen initiatief, startte de Adviescommissie onderzoek naar geneesmiddelen. Een uitgebreid literatuuronderzoek en een onderzoek naar de samenstelling en toxiciteit van het middel gingen dan vooraf aan een klinisch onderzoek, dat in samenwerking met artsen werd uitgevoerd. De commissie riep artsen op hun ervaringen met een geneesmiddel, vooral ook de minder goede, bij TNO te melden. Zo trachtte zij een centrale databank van ervaringen met geneesmiddelen op te bouwen. Deze databank werd voorts aangevuld met enquêtes die door TNO zelf onder artsen werden gehouden.

Onder leiding van De Langen deed de Adviescommissie Klinisch Geneesmiddelenonderzoek TNO in de beginjaren onderzoek naar tal van binnenlands en buitenlands geproduceerde geneesmiddelen, bijvoorbeeld van Brocades en Stheeman (het vaatverwijdende cyclospasmol), van Sandoz (acetyldigitoxine voor hartritmestoornissen) en van Imperial Chemical Industries Limited (hibitane voor mondinfecties en mysoline voor epilepsie).¹¹⁰ De resultaten van dergelijke onderzoeken werden in het *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* gepubliceerd, 'onafhankelijk van het feit of het resultaat goed of slecht is'.¹¹¹ Het onderzoek in 1960 naar het slaapmiddel thalidomide, dat in Nederland onder de merknaam Softenon op de markt was gebracht, werd een jaar later afgebroken 'op grond van de mededelingen in de literatuur over toxische reacties na het chronisch gebruik' ervan.¹¹² Het Softenon-drama maakte verder onderzoek overbodig.

Een ander thema, waarvoor de Gezondheidsorganisatie TNO eveneens een aparte commissie instelde, was tuberculine, een vaccin dat zowel voor de diagnose als voor de therapie van tuberculose gebruikt werd.

Een van de grootste successen op het gebied van de Nederlandse volksgezondheid was het terugdringen (en in sommige gevallen zelfs uitbannen) van belangrijke infectie- en besmettelijke ziekten. Betere hygiëne en betere voeding lagen hieraan ten grondslag. De bestrijding van tuberculose vereiste echter meer. Tuberculose (tbc) was aan het begin van de twintigste eeuw nog de belangrijkste volksziekte in ons land. Op elke 10.000 Nederlanders stierven er 18 aan tbc, maar dit aantal daalde al sinds de tweede helft van de negentiende eeuw en bedroeg aan de vooravond van de Tweede Wereldoorlog nog slechts vijf. Bij de oprichting van de Gezondheidsorganisatie TNO in 1949 was het aantal tbc-lijdende als nasleep van de oorlog in ons land echter weer hoog. Pas halverwege de jaren vijftig zou het vooroorlogse niveau weer bereikt worden. Hierna zette de dalende tendens zich voort.¹¹³

Vaccinatie tegen tbc met het Bacillus Calmette-Guérin (BCG)-vaccin was in de jaren twintig ontwikkeld, maar pas na de oorlog op grotere schaal toegepast. In 1950 rekende de Gezondheidsorganisatie TNO 'het BCG-vaccinatievraagstuk' tot een van de zeven prioriteiten van het eigen onderzoek. Er werd een adviescommissie ingesteld, die onder leiding kwam van A. Polman, voormalig inspecteur van de Volksgezondheid in de drie noordelijke provincies en de eerste voorzitter van de Gezondheidsorganisatie TNO. Verder zaten de Inspecteur van de Volksgezondheid belast met de tuberculosebestrijding en een aantal artsen van consultatiebureaus voor tuberculose in de commissie. Deze commissie moest antwoord geven op de vraag wat de betekenis van BCG-vaccinatie op de lange termijn zou zijn in de strijd tegen tbc.

In Nederland was een BCG-vaccinatie van de totale bevolking niet voorzien. Specifieke groepen (scholieren, studenten, militairen, bepaalde groepen volwassenen) werden wel ingeënt. Omdat het aan kennis over de effecten van de vaccinaties ontbrak, startte TNO met het verzamelen van ziektecijfers en met klinisch onderzoek onder gevaccineerde groepen. In 1960 werden bijvoorbeeld enkele groepen schoolkinderen verspreid over Suriname gevaccineerd en gevolgd. Dit gebeurde op verzoek van het

Surinaams-Nederlands Instituut voor de Volksgezondheid in Suriname (Sunevo). In 1964 werden gastarbeiders in de Limburgse mijnen op de gevoeligheid voor het vaccin getest. Hier was het initiatief door het Instituut voor Longonderzoek van de Gezamenlijke Nederlandse Steenkolenmijnen genomen.

Dit zogenaamde tuberculineonderzoek trok internationaal de aandacht. De Gezondheidsorganisatie TNO kreeg de coördinatie opgedragen van dit type onderzoek onder auspiciën van de Wereldgezondheidsorganisatie en de Union Internationale contre la Tuberculose. In 1970 mondde het onderzoek uit in de oprichting van het International Tuberculosis Surveillance Centre.¹¹⁴ Het instituut ging scholieren op ongeveer twintig plaatsen in de wereld om de vijf jaar op tuberculose onderzoeken met een uniform uitgevoerde test. Zo kon de besmettingsindex wereldwijd worden vastgesteld en de tuberculose-endemie over de verschillende werelddelen worden gevolgd. Ofschoon de Gezondheidsorganisatie TNO een rol bleef spelen bij de tuberculosebestrijding, werd de tuberculosebewaking gaandeweg door verpleegkundigen voor tuberculosevaccinaties overgenomen.

DE ECHOGRAFIE

Na de Tweede Wereldoorlog kende de ontwikkeling van nieuwe methoden en technieken voor de medische diagnostiek een hoge vlucht. Het Medisch-Fysisch Instituut deed daar volop aan mee. Een van de terreinen waarop het instituut een originele bijdrage leverde, was dat van de echografie. Hoe dat in de praktijk tot stand kwam, levert een mooi beeld op van de werkwijze van de Gezondheidsorganisatie TNO.¹¹⁵

De echografie behoort tot het terrein van de beeldvormende technieken, waarvan het röntgenapparaat de eerste was. Het röntgenapparaat werd in de eerste helft van de twintigste eeuw een groot succes, maar had ook diverse nadelen en leidde tot een speurtocht naar andere technieken. De röntgendiagnostiek was bijvoorbeeld niet of minder geschikt voor de verloskunde omdat zij tot beschadigingen van de foetus kon leiden. Ook bij hersenonderzoek bood zij geen uitkomst. Het zachte hersenweefsel leverde geen of onduidelijke afbeeldingen op. Echografie was wellicht een beter alternatief. Deze techniek was gebaseerd op de terugkaatsing (het echo-effect) van ultrageluidsgolven op de grens van twee verschillende substanties.

Ultrageluid verwijst naar geluidsgolven die voor het menselijk oor niet hoorbaar zijn. Zij kunnen worden voortgebracht door bepaalde kristallen (bijvoorbeeld kwarts) bloot te stellen aan elektrische velden. De mechanische vervorming die het kristal dan ondergaat, wordt overgebracht op het omliggende medium in de vorm van ultrageluidsgolven (het piëzo-elektrisch effect). De aard van het medium bepaalt de snelheid waarmee de ultrageluidsgolven passeren. Op het grensvlak tussen twee media verandert de voortplantingssnelheid en wordt een deel van de golf teruggekaatst. Zowel de uitgezonden als de weerkaatste golf kan met een kathodestraaloscillograaf zichtbaar worden gemaakt.

Deze eigenschappen bleken in de medische diagnostiek goed te gebruiken. Eind jaren vijftig hadden Rotterdamse neurologen tijdens een bezoek aan Zweden bij toeval met de echografie kennis gemaakt en daarna direct contact gezocht met Rotterdamse experts die met de ultrageluidstechniek vertrouwd waren. In Rotterdam werd een ultrageluidsapparaat gebruikt in de scheepsbouw en bij de aanleg van pijpleidingen om breuken en onregelmatigheden in lasnaden en metalen constructies op te sporen. Gezamenlijk startten de neurologen en ultrageluidstechnici met medische experimenten, die de Gezondheidsorganisatie TNO vanaf 1960 subsidieerde.

Spoedig daarop startte TNO zelf met onderzoek op het Medisch-Fysisch Instituut. De in Delft opgeleide elektrotechnicus J.C. Somer werd speciaal hiervoor aangetrokken.

Een landelijk onderzoeksprogramma kwam van de grond en een werkgroep werd ingesteld, waarin naast onderzoekers uit Rotterdam ook onderzoekers uit Wassenaar en Utrecht gingen participeren.

Somer richtte zich spoedig op een geheel nieuwe methode om met ultrageluid 'real-time' tweedimensionale beelden te creëren. Geïnspireerd door de radartechnologie in het leger en de visserij kwam hij op het idee om een zogenaamde 'linear array'-taster te ontwerpen. In een serie van 21 piëzo-elektrische elementen bracht ieder element achter elkaar en met een zeker tijdsinterval een puls ultrageluid voort. De echo's werden achtereenvolgens door de elementen weer opgevangen en omgezet in elektrische signalen. Door de tijdsintervallen te wisselen, was Somer in staat een plat vlak te scannen.

De experimenten leverden een uniek instrument op, dat al spoedig onder de naam 'phased linear array transducer' of 'elektroscan' internationale bekendheid genoot. Nu startte een lange weg om het instrument voor verschillende doelen onder klinische omstandigheden te testen en te verbeteren. Het meeste perspectief bood de toepassing in de neurologie, onder andere bij het opsporen van tumoren en bloedingen in de hersenen, maar in die discipline zou de computertomografie, ofwel de CT-scanner, het in de jaren zeventig gaan winnen. Met deze techniek was het voor het eerst mogelijk om contrastrijke foto's te maken van zeer geringe dichtheidsverschillen tussen weefsels.

Een ander toepassingsgebied van de echografie was de cardiologie. Daar kreeg Somer concurrentie van twee onderzoekers van de Medische Faculteit in Rotterdam. Zij slaagden erin om op basis van een Duitse vinding een alternatief ultrageluids-instrument te ontwerpen. Het nieuwe instrument maakte direct furore onder cardiologen in binnen- en buitenland, maar wat belangrijker was, de Rotterdamse onderzoekers wisten een firma te vinden om het apparaat in productie te nemen. Dat lukte Somer niet, ondanks zijn contacten met de divisie Medical Systems van Philips. Philips had op een andere techniek ingezet, de thermografie. Mogelijk speelde ook een rol dat Nederlandse cardiologen sceptisch waren over het TNO-apparaat.

Uiteindelijk zouden beide instrumenten een plaats krijgen in de geneeskunde, maar niet op het gebied waarvoor zij oorspronkelijk waren bedoeld. Het Rotterdamse apparaat verwierf een positie in de verloskunde en de echografische diagnostiek van de buik. Het TNO-apparaat, ooit ontworpen voor de hersendiagnostiek, zou - hoe ironisch - een plaats verwerven in de cardiologie nadat Amerikaanse onderzoekers het apparaat hadden vervolmaakt. Een verbeterde versie vormde bovendien het uitgangspunt voor geavanceerd echografisch onderzoek in de jaren zeventig in Rotterdam. Philips zou in die periode alsnog in de markt voor echografie stappen door de overname van een Amerikaans bedrijf.

De 'elektroscan' van Somer was een typische TNO-innovatie. Zij viel in de categorie nieuwe of verbeterde testmethoden en onderzoeksinstrumenten. Op vele plekken binnen TNO werd dergelijk werk verricht. Dat betekende overigens niet dat een succesvol innovatieproces bij voorbaat verzekerd was. De Gezondheidsorganisatie TNO had de introductie en de verspreiding van de 'elektroscan' maar in beperkte mate kunnen beïnvloeden. Somer en zijn collega's deden van alles om sturing te geven aan het proces. Zij bouwden aan netwerken binnen en buiten TNO, werkten intensief samen met medici van verschillende disciplines, profileerden zich internationaal, zochten contact met de industrie, lieten zich inspireren door geheel andere vakgebieden, et cetera. Somer was zeker niet de teruggetrokken, solistisch werkende uitvinder. Hij is een goed voorbeeld van hoe de Gezondheidsorganisatie TNO zich als een netwerkorganisatie wilde opstellen.

Behalve de wijze waarop het gezondheidstechnisch onderzoek bij TNO plaatsvond,

toont deze korte geschiedenis bovendien de onvoorspelbaarheid van innovatieprocessen. De echografie kende in de jaren zestig en zeventig uiteenlopende opties. Deze moesten zich 'bewijzen' ten opzichte van elkaar én in een veld van concurrerende technieken die zich op geheel andere principes baseerden. In een dergelijke situatie is de uitkomst ongewis en vaak verrassend. Nog complexer wordt een innovatieproces indien de innovatie onderdeel is van een publiek en politiek debat. Dat was het geval bij de fluoridering van drinkwater.

DE FLUORIDERING VAN DRINKWATER

De rijksoverheid kende een lange traditie van preventief beleid in de gezondheidszorg. Voeding, hygiëne, arbeid, wonen en leefmilieu waren vanaf de tweede helft van de negentiende eeuw in toenemende mate overheidsterreinen van regelgeving en onderzoek geworden. De Gezondheidsorganisatie TNO werd moeiteloos in dit proces opgenomen. Het aantal onderwerpen van overheidsbemoediging steeg gestaag. De organisatie haakte daarop in of nam zelf het initiatief om onderwerpen op de agenda te krijgen. Daarmee betrad zij soms de publieke en politieke arena. Dat leverde een bijzondere dynamiek op, die de organisatie niet altijd even gemakkelijk afging. In het geval van de fluoridering van het drinkwater liepen de discussies voor haar uit op een drama.¹¹⁶

De fluoridering van drinkwater was gedurende meer dan twee decennia een thema van de Gezondheidsorganisatie TNO. Binnen de tandheelkunde bestonden na de oorlog grote zorgen over de enorme omvang van tandbederf (cariës) in Nederland. Volgens C. Banning, hoofdinspecteur van de Volksgezondheid, leed 95% van de Nederlandse bevolking aan deze ziekte. De problematiek was des te nijpender vanwege een tekort aan tandartsen. Bovendien was de tandarts voor velen erg duur. Zo duur zelfs, dat volgens sommige tandartsen op het platteland het gebruik bestond om een gezond gebit in zijn geheel preventief te laten verwijderen. Een goedkoop kunstgebit voorkwam de te verwachten, latere tandartskosten. Sowieso ging de Nederlander er in die tijd van uit dat een kunstgebit na het veertigste jaar normaal was.

Een oplossing diende zich echter aan. Het was inmiddels bekend dat tandbederf met fluoride kon worden bestreden. Amerikaanse onderzoekingen toonden overtuigend aan dat toevoeging van fluoride aan het drinkwater een sterke, preventieve werking had. In 1947 stelde de Gezondheidsraad in overleg met de rijksoverheid de Fluorcommissie in. Deze kwam met het voorstel voor een grootschalig experiment dat in de gangbare, collectieve benadering van de volksgezondheid door de overheid paste. Onder de hoede van de Gezondheidsorganisatie TNO startte de Cariëswerkgroep in 1952 een proefproject met drinkwaterfluoridering. Het op de markt brengen van fluoridetandpasta's en fluoridetabletten, wat op het individuele gebruik inspeelde, werd als minder effectief terzijde geschoven en verder niet onderzocht.

Het experiment bestond uit een langetermijnonderzoek naar de effecten op tandbederf van fluor in drinkwater. Het onderzoeksteam bestond in de eerste jaren uit een zestal personen onder leiding van de tandarts O. Backer Dirks en was op een van de laboratoria van de Rijksuniversiteit Utrecht gestationeerd. Tiel werd uitverkoren als 'gefluorideerde' gemeente; Culemborg ging als controlegemeente fungeren. Een doseersysteem voegde natriumfluoride (NaF) aan het drinkwatersysteem van Tiel toe. Het gebitsonderzoek vond veelal op scholen plaats. Vijfhonderd kinderen in Tiel zouden vijftien jaar lang worden gevolgd, evenals vijfhonderd kinderen in Culemborg.

In december 1952 vond de zogenaamde nulmeting plaats, waarbij de hoeveelheid cariës werd vastgesteld. Deze werd het uitgangspunt voor de latere metingen. Het

onderzoek gebeurde met spiegel en sonde en er werden röntgenfoto's genomen. Het team was erg trots op de procedure omdat voor het eerst op betrouwbare wijze cariës kon worden vastgesteld.

Na zes jaar achtte de werkgroep de tijd rijp om met de eerste resultaten naar buiten te treden. Deze kwamen overeen met die van de Amerikaanse onderzoekingen, aldus Backer Dirks, '... en daarom mogen wij de stellige veronderstelling uitspreken, dat wanneer de kinderen in Nederland vanaf hun geboorte fluoride gekregen hebben, er ten minste 40 tot 60% minder cariës aanwezig zal zijn'.¹¹⁷ De invoering van de drinkwaterfluoridering hoefde niet te wachten tot 1967, wanneer het experiment helemaal zou zijn afgelopen.

De Gezondheidsraad en het ministerie van Sociale Zaken en Volksgezondheid namen dit advies in 1960 over. Er kon met de drinkwaterfluoridering worden begonnen. Iedere gemeente moest daartoe zelf een besluit nemen, dat ter goedkeuring aan de minister diende te worden voorgelegd. De minister gaf aan dat de overheid zich vooral kon beperken tot voorlichten en stelde daarvoor een Voorlichtingscommissie 'Fluoridering Drinkwater' in. De onderzoekers van TNO en de beleidsvoerders vormden vanaf die tijd een coalitie in het publieke debat. Daar voegde de tandheilkundige professie zich direct bij in de vorm van de Nederlandse Maatschappij tot bevordering der Tandheelkunde (NMT). Media en politiek reageerden overwegend positief. 'In Tiel begint de victorie' zo kopte het *Algemeen Handelsblad*. Ongeveer twee jaar later vond op Goeree-Overflakkee de inbedrijfstelling van de eerste niet-experimentele fluorideringsinstallatie plaats.

Maar er waren ook bezwaren, met name van ethische en juridische aard. Het gedwongen gebruik en de daarmee gepaard gaande vrijheidsbeperking was een principiële punt voor het Genootschap voor de Rechtstaat. Bovendien ontbrak voor die 'gedwongen medicatie' een wettelijke grondslag. Indien de overheid tot drinkwaterfluoridering wenste over te gaan, moest eerst een aanpassing van de wet plaatsvinden. Uit het genootschap kwam ook het initiatief tot de oprichting van de Vereniging tot Bescherming van het Drinkwater. Veel effect sorteerden de tegenstanders echter niet. Wel verbreedde de discussie zich in de jaren zestig. De decentrale besluitvorming via de gemeenten lokte dat ook uit. Een land als Ierland had voor een grondwettelijke verankering gekozen, waarbij de staat drinkwaterfluoridering kon voorschrijven. Tot op de dag van vandaag hebben protesten tegen de centraal ingevoerde fluoridering in dat land geen resultaat gehad.

Achter de ethische en juridische bezwaren schuilden religieuze, medische en economische opvattingen. Zo hadden de 'Christian Scientists' in Nederland een specifieke kijk op genezing: genezing was een kwestie van bidden en niet van medicijnen. Volgens anderen bracht fluoridering gezondheidsrisico's met zich mee en verhoogde ze de kans op kanker. Een veelgehoord argument was economisch van aard: de investeringen waren hoog en verspild omdat het meeste gefluorideerde water niet als drinkwater werd gebruikt.

Aan het eind van de jaren zestig - toen inmiddels twee en een half miljoen Nederlanders gefluorideerd drinkwater consumeerden - kwam het keerpunt in het publieke debat. Meer dan dertig lokale en regionale anti-fluorogroeperingen begonnen zich te roeren. Sommige ervan manifesteerden zich ook landelijk, waaronder de Stichting Waakzaamheid Drinkwater. Overal waar een gemeente zich over de fluoridering boog, kwamen actiegroepen in het geweer. De media mengden zich eveneens in het debat: 'Waar twijfel aanwezig is, mogen de risico's niet meer worden aanvaard', was de slotconclusie van het *Haarlems Dagblad*.¹¹⁸

De Cariëswerkgroep van TNO werd overrompeld door de tegenbeweging, hoewel zij beter had kunnen weten. Signalen uit Amerika, waar hevige protesten tegen de fluoridering zich eerder hadden doen gelden, hadden het team niet ernstig verontrust. De onder-

zoekers zaten in een moeilijke positie. Enerzijds werd van hen als wetenschappers een 'objectief' standpunt verwacht, anderzijds waren zij intens betrokken bij het experiment en konden zij onmogelijk de neutraliteit handhaven. 'Ikzelf ben één keer een soort incognito met anderen mee geweest naar een tegencampagne ...', zo vertelde een medewerkster, '... maar het was heel moeilijk om je mond te houden, want wij mochten niets zeggen. De nonsens die je af en toe hoorde, dan had ik het te kwaad, dan dacht ik ... daar klopt helemaal niets meer van.'¹¹⁹ De leden van de Cariëswerkgroep hielden zich zoveel mogelijk afzijdig van het publieke debat. Dat gold niet voor de onderzoeksleider Backer Dirks en zijn opvolger dr. B. Houwink. Zij moesten regelmatig optreden op hoorzittingen, in de voorlichtingscampagne van de overheid en dergelijke. Als gepassioneerde onderzoeksleiders brachten zij de beproefde argumentatie in stelling voor de drinkwaterfluoridering en de resultaten van het Tielse experiment.

In het debat ontstonden twee gescheiden werelden met verschillende emoties en argumenten. Het bleek echter een verloren race voor de Cariëswerkgroep en haar coalitiegenoten. De strijd werd eerst op het juridische vlak verloren: de Raad van State en de Hoge Raad concludeerden dat een wettelijke grondslag voor de drinkwaterfluoridering ontbrak. Vervolgens werd de strijd op het politieke vlak verloren: de Tweede Kamer weigerde in 1976 een voorgestelde wetswijziging Waterleidingwet aan te nemen. Dat betekende het einde van de drinkwaterfluoridering in Nederland. In plaats daarvan kregen alternatieven om het cariësprobleem aan te pakken vanaf die tijd meer ruimte: het regelmatig tandenpoetsen met gefluorideerde tandpasta's en het letten op te veel suiker in de voeding.

De geschiedenis van de drinkwaterfluoridering staat niet op zichzelf. Het illustreert in een notendop de maatschappelijke veranderingen rond de gezondheidszorg in die periode. De rol van de overheid kwam onder vuur te liggen; haar collectieve benadering van de volksgezondheidsproblematiek stond ter discussie. De medische autoriteit werd eveneens niet langer geaccepteerd. De gezondheidszorg werd een zaak van publiek en politiek. Die veranderingen hadden hun weerslag op de Gezondheidsorganisatie TNO, zoals wij in hoofdstuk 12 zullen zien.

VEELKLEURIG PALET

Wie het onderzoekspalet van de Gezondheidsorganisatie TNO in de jaren vijftig en zestig bestudeert, staat versteld van de veelkleurigheid ervan. Tientallen projecten en onderzoeksgebieden werden ter hand genomen. De organisatie had net als de Nijverheidsorganisatie TNO en de Voedingsorganisatie TNO haar eigen instituten met uitgebreide onderzoeksprogramma's. Zij maakte echter meer dan de andere twee Bijzondere Organisaties gebruik van commissies en werkgroepen. Zij verstrekke ook meer subsidies aan onderzoek buiten TNO. In de commissies en werkgroepen waren onderzoekers van elders ruim vertegenwoordigd, terwijl onderzoekers van TNO onder andere op de laboratoria van ziekenhuizen werkten. Via subsidies wist de organisatie gerenommeerde onderzoekers aan zich te binden.

De Gezondheidsorganisatie TNO was op haar wijze een collectieve researchorganisatie. In de besturen, in de raden en commissies van toezicht en advies van de verschillende instituten, werkgroepen en laboratoria et cetera zaten vertegenwoordigers van de belangrijke instellingen uit de volksgezondheidszorg. Zij zetten de hoofdlijnen uit en stelden werkgroepen en commissies in. Op de gekozen onderwerpen werden vervolgens de relevante onderzoekers en partijen van binnen en buiten TNO bij elkaar gebracht. Subsidies ondersteunden het voeren van de regie in het vrije onderzoeksveld. De Gezondheidsorganisatie TNO was daarmee een heterogene organisatie met

een sterke netwerkfunctie. Het volgende hoofdstuk, over het onderzoek naar hart- en vaatziekten in de jaren vijftig en zestig, laat nogmaals een goed beeld zien van de werkwijze van de Gezondheidsorganisatie TNO.

Eric Berkers en Harry Lintsen

11. HART- EN VAATZIEKTEN

'In de welvaartslanden hebben hart- en vaatziekten zo langzamerhand een bijna "epidemisch" karakter gekregen; deze ziekten zijn verantwoordelijk voor meer dan de helft van de sterfgevallen bij mannen ...', zo stelde de Gezondheidsorganisatie TNO in 1966. Een vergelijking met een ziekte als tbc lag voor de hand: 'Het is niet ondenkbaar dat men reeds binnen een decennium ... zal zijn gevorderd op het terrein van de preventie van hart- en vaatziekten, precies zoals dat het geval is met de tuberculose. Men hoeft weinig fantasie te hebben om in de niet te verre toekomst preventief bevolkingsonderzoek aangaande deze ziekten op de één of andere manier gekoppeld te zien aan het perfecte apparaat, dat zich thans overal in het land bezighoudt met bevolkingsonderzoek aangaande de tuberculose.' TNO had bij de succesvolle bestrijding van tbc een bescheiden rol gespeeld. Ze zag ook op het terrein van hart- en vaatziekten interessante opties: 'Dat hier een eventueel nieuwe werkmogelijkheid voor de Gezondheidsorganisatie TNO ligt, wordt binnen deze organisatie reeds gevoeld.'¹²⁰

De toonzetting van de boodschap was optimistisch. Door eerst goed grip te krijgen op de oorzaken van hart- en vaatziekten en vervolgens een landelijk screenings- en preventieprogramma te starten, zouden ook hart- en vaatziekten in de toekomst voorkómen en bestreden kunnen worden. Iets vergelijkbaars had zich in de westerse wereld voltrokken met de uitbanning van levensbedreigende parasitaire en infectieziekten. Binnen enkele decennia hadden een verbetering van de voedselsituatie (kwantitatief en kwalitatief) en de hygiënische voorzieningen (drinkwater en riolering) alsook de uitbouw van een medische infrastructuur voor diagnosestelling en therapie (het 'perfecte apparaat') tot een forse stijging van de levensverwachting geleid. Dergelijke successen hadden in de jaren vijftig en zestig een groot vertrouwen in de medische wetenschap met zich meegebracht. Het was slechts een kwestie van tijd voordat ook de nieuwe uitdagingen, waaronder hart- en vaatziekten, succesvol zouden zijn aangepakt.

Bij de aanpak van 'klassieke' epidemische ziekten had TNO nog geen prominente rol kunnen spelen. Dat lag bij hart- en vaatziekten anders. De Gezondheidsorganisatie TNO wilde als jonge en idealistische organisatie haar stempel drukken op de bestrijding van deze 'moderne' ziekten. Welke positie had TNO tot die tijd in het (internationale) onderzoek naar hart- en vaatziekten bekleed? Met welke onderwerpen had ze zich beziggehouden en wat zag ze als haar toekomstige werkveld? Hoe verhiel zij zich daarbij tot de andere spelers in de arena van het medisch en technologisch onderzoek? Wij volgen deze geschiedenis tot circa 1970, de periode waarin de basis van het onderzoek naar hart- en vaatziekten in Nederland wordt gelegd.

VETTEN EN VAATWANDEN

Halverwege de jaren zestig bestond er voor de Gezondheidsorganisatie TNO geen twijfel over: er moest intensief naar de oorzaken (de etiologie) en de ontwikkeling (de pathogenese) van hart- en vaatziekten worden gespeurd. Overigens was zij binnen TNO niet de enige organisatie die zich met hart- en vaatziekten en hieraan verwante onderwerpen bezighield. Zo was de Voedingsorganisatie TNO in 1953 gestart met een onderzoek naar meervoudig onverzadigde vetzuren in de voeding en het bloed van gezonde proefpersonen en van patiënten met verschillende soorten eczeem. Het ging daarbij in eerste instantie om het ontwikkelen van een methode om het gehalte aan verschillende onverzadigde vetzuren te bepalen in een kleine hoeveelheid bloedserum. Een onderzoeker van de chirurgische kliniek van het Stads- en Academisch Ziekenhuis Utrecht zou in 1957 op dit onderwerp promoveren.¹²¹ Vervolgens verplaatste het onderzoek zich naar de stofwisseling van deze vetzuren bij gezonde mensen en bij eczeemlijders. Daarbij zetten de onderzoekers ook de gaschromatograaf in, een nieuw instrument dat

in die tijd furore maakte. Met deze methode konden nog kleinere hoeveelheden onverzadigde vetzuren worden vastgesteld.¹²² Ofschoon het onderzoek niet direct op het probleem van hart- en vaatziekten gericht was, lag die connectie zeker voor de hand.

In 1957 verscheen er een overzichtartikel over de relatie tussen voeding en hart- en vaatziekten van de gezaghebbende Amerikaanse onderzoeker professor Ancel Keys, in het *Journal of the American Medical Association*. Ongetwijfeld kende men bij het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO (CIVO-TNO) in Zeist deze publicatie. In het jaarverslag over 1957 concludeerde de Voedingsorganisatie TNO met Keys dat er steeds meer bewijzen waren dat vet een belangrijke rol speelde bij het ontstaan van hart- en vaatziekten.¹²³ Bovendien was het inmiddels duidelijk dat er een verschil bestond in het effect van verzadigde en onverzadigde vetten op de cholesterolspiegel in het bloed. De cholesterolspiegel zagen de onderzoekers als een belangrijke marker van atherosclerose (aderverkalking). Het was de aanleiding voor de Voedingsorganisatie TNO om bij ratten en kuikens te kijken naar de invloed van verschillende vetten op het serumcholesterol en op de atherogene werking (de vette verandering van de binnenste vaatwanden). Een paar jaar later zouden de medewerkers van het CIVO-TNO zelf als proefpersoon fungeren. Sommigen van hen moesten een jaar lang 100 gram peulvruchten per dag eten om te kijken of dat van invloed was op het cholesterolgehalte van het bloed. Peulvruchten bleken inderdaad cholesterolverlagend te werken. Bovendien liet een groot aantal medewerkers vlak vóór en vlak na de vakantie, een periode waarin men een ander eetpatroon had, het cholesterolgehalte van het bloed meten. Hier waren echter geen duidelijke verschillen waar te nemen.

Terwijl de Voedingsorganisatie TNO midden jaren vijftig bezig was om meetmethoden te ontwikkelen en te verbeteren, was de Gezondheidsorganisatie TNO 'van verschillende kanten' benaderd om onderzoek te gaan doen naar aderverkalking (atherosclerose). Hierop werd in 1955 besloten om een commissie in het leven te roepen, die nog datzelfde jaar met de aanbeveling kwam om een groot en gedifferentieerd onderzoeksprogramma te starten. Dit gebeurde: een Adviescommissie Atherosclerose zag het licht en er werd met verschillende onderzoeken op het gebied van hart- en vaatziekten begonnen.

Aangevoerd door de Leidse hoogleraar fysische scheikunde C.J.F. Böttcher ging een onderzoeksgroep de chemisch-fysische samenstelling onderzoeken van de alfa- en bèta-lipoproteïnen in het bloedplasma en de bij aderverkalking opgehoopte stoffen in de dieper gelegen lagen van de bloedvatwanden (de intima). Ook onderzocht zijn groep de wisselwerking tussen de molecuulsoorten die een bevorderende of belemmerende rol speelden bij het ontstaan van de ziekte. Hun werk had succes, want zij konden overtuigend aantonen dat aderverkalking in de aorta en de coronairvaten niet werd veroorzaakt door ophopingen van louter cholesterol, maar dat die verstoppingen bestonden uit ingewikkelde mengsels van cholesterol met verschillende vetzuren, fosfolipoiden en glyceriden.¹²⁴

Naast het werk dat onder leiding van Böttcher werd uitgevoerd, was er de studie van een team onder supervisie van A. Querido, hoogleraar inwendige geneeskunde te Leiden, naar de afwijkingen in de bloedchemie bij diabetische patiënten met vaatveranderingen. En onder leiding van prof.dr. R. Brinkman en prof.dr. F.S.P. van Buchem keken onderzoekers naar de gevolgen van bijvoeding met sitosterol op cholesterolwaarden en andere effecten.

Böttcher, Querido, Brinkman en Van Buchem richtten zich in de tweede helft van de jaren vijftig dus vooral op de biologische processen van het bloedvatenstelsel als levend orgaan en op de stoornissen die tot aderverkalking leidden. Speciale aandacht ging uit naar de chemische veranderingen in het bloed en in de menselijke slagader-

wand (arteriewand) als zich aderverkalking of bloedproppen in de bloedbaan (trombose) voordeden. Daarnaast, echter, startte de Gezondheidsorganisatie TNO op dit domein nog onderzoek van geheel andere aard.

‘VEELETERIJ’

Dr. Juda Groen werd namens de Gezondheidsorganisatie TNO gevraagd om uitgebreid literatuuronderzoek te verrichten naar de relatie tussen levenswijze, in het bijzonder voeding, cholesterolhuishouding en aderverkalking.¹²⁵ Groen was een pionier in de epidemiologie (de verspreiding) van hart- en vaatziekten. Hij stond hiermee in een internationaal vermaarde Nederlandse traditie, ‘a Dutch dynasty’, die haar oorsprong had in zijn leermeester, de Groningse hoogleraar Cornelis de Langen.¹²⁶

De Langen had ten tijde van de Eerste Wereldoorlog in Nederlands-Indië onderzoek gedaan naar de eet- en levensgewoonten van Javanen en daar wonende Nederlanders. In een experiment had hij de voeding van een gecontroleerde groep van beiden een tijdlang verwisseld, waarna een verandering van het cholesterolgehalte in het bloed werd geconstateerd. In zijn algemeenheid kon dergelijk vergelijkend onderzoek licht werpen op de oorzaken van verschillende cholesterolwaarden in het bloed. Verschillende bevolkingsgroepen hadden verschillende eet- en leefgewoonten en door karakteristieken hiervan te relateren aan het gemeten cholesterolniveau, kon men kijken wat van invloed was op de cholesterolspiegel. De Langen en Groen correspondeerden regelmatig met elkaar en publiceerden in invloedrijke, wetenschappelijke tijdschriften.¹²⁷

Het onderzoek naar de determinanten van hart- en vaatziekten kende dus een lange Nederlandse traditie, waarvan Groen na de Tweede Wereldoorlog de belangrijkste exponent was. Toen er, bijvoorbeeld, in 1948 in Nederland een actie werd gehouden om bloed te doneren voor gewonde Israëliëse soldaten, had Groen, die zelf een Joodse achtergrond had, de kans aangegrepen om onderzoek te doen naar het serumcholesterolgehalte van Joodse- en niet-Joodse donoren ‘daar wij ... de indruk hadden dat een hoog cholesterolgehalte van het bloed vaker bij Joodse dan bij niet-Joodse patiënten voorkwam’.¹²⁸

Bovendien had Groen, samen met L. Koekenheim, een collega-internist uit het Wilhelmina Gasthuis in Amsterdam, op basis van sterftcijfers van het Centraal Bureau voor de Statistiek, onderzoek gedaan naar de sterfte in Nederland aan chronische hart- en vaatziekten (en nierziekten) in de eerste helft van de twintigste eeuw. De verklaring voor de stijgende sterftcijfers aan hart- en vaatziekten werd vooral bij de ‘veroudering’ van de Nederlandse bevolking gelegd. Overigens keken ze ook naar verschillen tussen leefstijlen en bevolkingsgroepen. Dat riep de vraag op of het denkbaar was ‘dat het streven naar “de slanke lijn”, dat de laatste decennia ook onder de Nederlandse vrouwen doordrong, vooral op de hypertensie [hoge bloeddruk, auteur] onder de jongere generatie een gunstige invloed heeft gehad, terwijl de ouderen er nog niet de invloed van hebben ondervonden?’.¹²⁹ De eerdergenoemde Ancel Keys was op de hoogte én onder de indruk van het werk van de Nederlanders. Hij had Groen in 1952 opgezocht en zou later, zoals we zullen zien, ook met hem en TNO samenwerken in een project van de Wereldgezondheidsorganisatie.

De opdracht die Groen van de Gezondheidsorganisatie TNO had gekregen, namelijk om een overzichtswerk samen te stellen op basis van de internationale literatuur over de oorzaken van aderverkalking, rondde hij in 1956 af met de studie *Atherosclerose en coronairthrombose. Oorzaken en ontstaanswijzen*.¹³⁰ Hij en mede-auteur R.M. van der Heide concludeerden dat niet alleen voeding in het oog gehouden moest worden:

‘Zowel bij de artsen als bij het publiek bestaat de wijd verbreide indruk dat veeleterijs ... het ontstaan van “slagaderverkalking” bevordert ... Samenvattend menen wij dat de betekenis van vetzucht voor het ontstaan van atherosclerose ... als bevorderende doch in geen geval als enige causale factor kan worden beschouwd. Deze bevorderende invloed is waarschijnlijk niet zozeer een gevolg van vetzucht per se als wel van de combinatie van gebrek aan lichaamsbeweging met een verhoogde opname van bepaalde voedingsmiddelen.’¹³¹

TOPONDERZOEK

Het is duidelijk dat TNO door samenwerking met wetenschappers als Böttcher en Groen aansluiting kreeg bij de top van het Nederlandse onderzoek naar hart- en vaatziekten en, in ieder geval voor wat de epidemiologie betreft, ook bij de internationale voorhoede. Böttcher en anderen waren niet in dienst van TNO. TNO subsidieerde het onderzoek en stelde onderzoekers ter beschikking, die op hun universitaire laboratoria werkzaam waren.

Toen Ancel Keys in het najaar van 1958 in Europa was voor een congres in Brussel, greep de Gezondheidsorganisatie TNO dat aan om hem uit te nodigen voor een bijeenkomst met Nederlandse atherosclerose-onderzoekers in Den Haag. Keys kwam, hield zelf een voordracht waarin hij de diversiteit van het Nederlandse onderzoek prees - ‘excellent papers which indicate the varieties of research carried on in this country; these have given us new facts and ideas and have reminded us of old problems’ - en luisterde naar presentaties van een deel van de toenmalige top van het Nederlandse atherosclerose-onderzoek: de aan TNO gelieerde Böttcher (over de analyse van vetten in atherosclerotische afzettingen), Groen (over een onderzoek bij trappisten en benedictijner monikken, zie onder) en Brinkman (over het werk van de TNO-groep in Groningen), alsmede voordrachten van dr. A.P. de Groot van het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO over proeven met ratten en van dr. H. Doorenbos, van het Academisch Ziekenhuis Groningen, over spontane variaties in het niveau van cholesterolwaarden in het bloed.¹³²

Naast leden van de Adviescommissie Atherosclerose en de Werkgroep Atherosclerose waren er ook leden van de Atherosclerose Commissie uit de Voedingsraad uitgenodigd. Ten slotte waren ook de Belgische wetenschappers prof. Gaston Verdonck en dr. R. Pierloot, die beiden aan het trappisten en benedictijnen-onderzoek van Groen hadden meegewerkt, aanwezig. Voor zover bekend waren er geen onderzoekers van het Unilever Research Laboratorium Vlaardingen (URLV). Dat zou men wel verwachten, omdat Unilever ook intensief met onderzoek naar de relatie tussen voedingsvetten en atherosclerose bezig was. Blijkbaar beschouwde TNO de bijeenkomst met Keys als een intern gebeuren. Het kan ook zijn dat Unilever zelf niet wilde, omdat men andere, commerciële belangen had en men de deuren naar het eigen onderzoek niet te ver wilde openzetten.

De belangstelling van Unilever voor het thema had te maken met het ontwikkelen van nieuwe margarines.¹³³ Zo zou een paar jaar later ‘Becel’ - een margarine ‘goed voor hart en bloedvaten’ - op de markt worden gebracht. Dat het researchlaboratorium in Vlaardingen als kennisinstituut op dit domein wat te bieden had, blijkt ook uit het feit dat twee medewerkers van Böttcher daar in 1956 en begin 1957 waren gedetacheerd om er een deel van hun analyseopleiding te krijgen. Na terugkeer in Leiden zouden zij nog steeds analyses in het laboratorium in Vlaardingen blijven uitvoeren. TNO financierde dat onderzoek.

Bovendien hielden Vlaardingse vet-onderzoekers, zoals J. Gottenbos, voordrachten over hun resultaten voor de atherosclerosemedewerkers van TNO.¹³⁴ Daarnaast hielden beide groepen elkaar volgens afspraak op de hoogte van de internationale literatuur

op dit gebied. Vlaardingen gaf echter in de zomer van 1958 aan TNO te kennen dat het voor die literatuurwisseling niet langer voelde. Het leverde voor hen te weinig toegevoegde waarde op. 'Indien de overige leden echter prijsstellen op een voortzetting van de literaturopgave, zullen wij zoveel als mogelijk onze medewerking verlenen.'¹³⁵

Unilever had samenwerking met Böttcher gezocht omdat het voor zijn onderzoek de beschikking wilde hebben over klinisch materiaal (menselijke aorta's met uiteenlopende stadia van aderverkalking). Het onderzoek hieraan leidde tot een gezamenlijke publicatie (TNO-Leiden-Vlaardingen) in het internationaal vooraanstaand medisch tijdschrift *The Lancet*.¹³⁶ De groep Leidse en Vlaardingse wetenschappers ontcrachtte hierin met hun door TNO gesubsidieerd onderzoek de hypothese die door H.M. Sinclair in 1956 in hetzelfde tijdschrift was geponeerd. Er leek geen relatie te bestaan tussen aderverkalking en een relatief gebrek aan essentiële vetzuren in de voeding. Volgens Sinclair zou dit gebrek tot een toename van de verzadiging van cholesterolesters in het lichaam leiden. Die verzadigde cholesterolesters zouden zich vervolgens afzetten op weefsels, zoals de aderen, met adervernauwing tot gevolg. Het Nederlandse onderzoek bekeek de vette afzettingen (plaques) op aderen met behulp van een gaschromatograaf. De onderzoekers kwamen met een conclusie die haaks op die van Sinclair stond: het percentage verzadigde vetzuren in de cholesterolesters nam niet toe, maar juist af bij toenemende aderverkalking.

HET EPIDEMIOLOGISCH ONDERZOEK

Behalve in dit klinisch onderzoek naar vaten en afzettingen, participeerde TNO zoals gezegd in de lange Nederlandse traditie van epidemiologisch onderzoek naar aderverkalking en bloedcholesterol. Met Juda Groen had men de belangrijkste Nederlandse onderzoeker op dit gebied aan zich verbonden. De Gezondheidsorganisatie TNO ging het epidemiologisch onderzoek van Groen financieren. Op basis van de internationale literatuur, die Groen in opdracht van TNO had bekeken en samengevat, was het inmiddels duidelijk dat bevolkingsgroepen die veel dierlijk eiwit en verzadigd vet aten, een hoog cholesterol hadden en vaker aan aderverkalking en coronaire hartziekten stierven. Deze bevolkingsgroepen leefden echter in het algemeen 'in een maatschappij, die gekenmerkt wordt door urbanisatie, industrialisatie, voortdurende verandering, snelle communicatie, hoge materiële welvaart ... de mogelijkheid tot stijgen op de maatschappelijke ladder, scherpe tussenmenselijke concurrentie vooral in het werk en zakenleven, emancipatie van de vrouw, beperking van het kindertal, lage sterftecijfers, een langdurige schoolperiode en een verdwijnend analfabetisme'.¹³⁷ Het vereiste nieuw onderzoek om zicht te krijgen op de relatieve betekenis van voeding enerzijds en deze 'moderne' levenswijze anderzijds voor het ontwikkelen van aderverkalking. Daartoe was het zaak onderzoek te doen onder twee bevolkingsgroepen waarvan óf de voeding gelijk was maar de levenswijze verschillend, óf de levenswijze gelijk maar de voeding verschillend. Van laatstgenoemde had Groen een voorbeeld opgespoord en daarmee ging hij met de TNO-subsidie aan de slag.

Benedictijner en trappister monniken leefden beiden in een beschermde, gestructureerde omgeving zonder de bovenbeschreven kenmerken van de moderne maatschappij. Beide groepen verschilden echter wat betreft hun voedingspatroon. Waar benedictijnen een voedingspatroon hadden dat voor een belangrijk deel overeenkwam met dat van de gemiddelde Nederlander, hadden trappisten een veel soberder, lacto-vegetarische voeding. Als voeding die rijk aan eiwit en dierlijke vetten is, de voornaamste oorzaak van aderverkalking is, dan zou deze aandoening significant vaker bij benedictijnen dan bij trappisten moeten voorkomen. Echter, als een minder gestreste levenswijze doorslaggevend negatief van invloed is op aderverkalking, dan

zou er geen verschil moeten worden gevonden. In totaal onderzocht Groen 181 trappisten, verdeeld over vijf Nederlandse en Belgische kloosters, en 168 benedictijnen in drie Belgische kloosters.

Begin 1961 brachten Groen en zijn team verslag uit van hun onderzoek in het *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*. Anderhalf jaar later kon ook de internationale wetenschappelijke gemeenschap kennis nemen van dit, mede door TNO gefinancierde, epidemiologische onderzoek door een publicatie in het vooraanstaande *American Journal of Clinical Nutrition*.¹³⁸ De resultaten waren interessant, omdat er enerzijds een (geringe) correlatie tussen voeding en een verhoogd bloedcholesterol kon worden aangetoond, en daarmee een verhoging van de kans op een hartinfarct. Anderzijds leek de kans op een hartinfarct aanmerkelijk vergroot te worden door een moderne, stressvollere levensstijl. Benedictijnen bleken namelijk een aanzienlijk hoger bloedcholesterolgehalte te hebben dan trappisten, maar kregen minder vaak een hartinfarct dan mannen van middelbare leeftijd die actief participeerden in het moderne maatschappelijke leven 'met zijn tussenmenselijke verhoudingen en emotionele spanningen ... waartegen de monniken ... in het klooster min of meer beschermt zijn'.¹³⁹

Toen de resultaten van zijn onderzoek werden gepubliceerd, had Groen TNO en Nederland inmiddels verlaten en was hoogleraar aan de universiteit van Jeruzalem geworden. Met Groens vertrek verloor Nederland volgens de directeur-generaal van de Volksgezondheid een prominent geleerde. Vooral zijn studies naar het verband tussen voeding en bepaalde afwijkingen in de bloedvatwand werden geroemd. Ook de voorzitter van de Gezondheidsorganisatie TNO, prof.dr. J.W. Tesch, sprak op de officiële afscheidsbijeenkomst van Groen in het Concertgebouw. Groens emigratie mocht dan een gevoelig verlies voor de Nederlandse medische wetenschap in het algemeen, en het epidemiologisch atheroscleroseonderzoek in het bijzonder zijn, het betekende niet het einde van TNO's betrokkenheid bij dit type onderzoek.¹⁴⁰ Van de kennis die Groen had opgebouwd en ook binnen de organisatie had doorgegeven en de contacten die hij wereldwijd had gelegd, plukte TNO ook na 1960 de vruchten.

In samenwerking met de Voedingsraad en met financiële bijdragen van de Universiteit van Minnesota en de USA Public Health Service, startte TNO, ditmaal onder verantwoordelijkheid van de Voedingsorganisatie TNO, in 1960 een groot onderzoek onder de Zutphense mannelijke bevolking. Dit Zutphen-onderzoek, dat deel ging uitmaken van een wereldwijd epidemiologisch onderzoeksprogramma onder supervisie van Ancel Keys, later bekend als de 'zeven-landen studie', kwam onder leiding van prof dr. F. van Buchem te staan. Naast Nederland participeerden Finland, Griekenland, Italië, Japan, de Verenigde Staten en Joegoslavië in het onderzoek. Het idee was dat Van Buchem met zijn team zes jaar lang de Zutphense mannen als onderzoekspopulatie zou volgen en op basis hiervan de correlatie zou nagaan tussen de leefwijze, met name de aard van de voeding, enerzijds, het serumcholesterolgehalte en het optreden van aderverkalking anderzijds. Negenhonderd Zutphense mannen in de leeftijd van 40 tot 59 jaar deden mee.¹⁴¹ Uiteindelijk zou dit onderzoek meer dan veertig jaar gaan lopen en een schat aan gegevens opleveren over de relatie tussen voeding, levenswijze en hart- en vaatziekten. Zo kwam uit dit onderzoek naar voren dat mannen met aderverkalking 'meestal behoorden tot een groep waarbinnen het cholesterolgehalte van het bloedserum verhoogd was of tot een groep met een "normale" cholesterolspiegel maar met een verlaagd lecithinegehalte als fractie van het totaal aan bloedlipiden [vetten en verwante stoffen - auteur]'.¹⁴² Dergelijke conclusies bepaalden mede de nieuwe onderzoeksagenda.

De Voedingsorganisatie TNO is jarenlang doorgedaan met epidemiologisch onderzoek. Nog in 1972 oordeelde het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO dat

'voeding' in zijn algemeenheid veel te weinig werd bestudeerd als determinant van hart- en vaatziekten '... hoewel het algemeen bekend is dat onjuiste voeding één van de belangrijkste oorzaken is'.

HET GAUBIUS INSTITUUT TNO

Het hart- en vaatziektenonderzoek bij de Gezondheidsorganisatie TNO was vanaf de tweede helft van de jaren zestig geconcentreerd bij het Gaubius Instituut. De eerder genoemde Böttcher had dat instituut in 1965 opgericht bij de faculteit Wis- en Natuurkunde van de Rijksuniversiteit te Leiden voor het doen van multidisciplinair fysisch-chemisch onderzoek ten behoeve van de geneeskunde. De TNO Werkgroep Atherosclerose had er zijn thuisbasis en werkte nauw samen met de onderzoekers op het instituut. Vanaf 1970 vond er overleg met de universiteit plaats over de verdere integratie van de werkzaamheden van beide groepen en het onderbrengen van het onderzoek bij TNO. Dat geschiedde in 1973.

Omstreeks 1970 lag in het klinisch atheroscleroseonderzoek de nadruk op de betekenis van de bloedplaatjes bij het optreden van aderverkalking. Bloedplaatjes kunnen onder bepaalde omstandigheden samenklonteren en zich hechten aan de vaatwand, hetgeen verandering in de bekleding van die wand (het endotheel) tot gevolg heeft.¹⁴³ Samenklontering van de bloedplaatjes en hun hechting aan de vaatwanden vormt vaak het begin van een proces van ophopingen van onoplosbare eiwitten (fibrine). Dit kan vervolgens tot verstoringen van de bloedcirculatie leiden.

Het afremmen van het proces van fibrineophoping en de afbraak van de aanwezige eiwitzyden (fibrinolyse) werd begin jaren zeventig een belangrijk nieuw speerpunt voor de Atherosclerose-werkgroep van TNO. Dat gold ook voor het onderzoek naar de arteriewand en de samenstelling van lipiden in het bloed. Gedurende de jaren zeventig bleef het onderzoek naar de lipidenhuishouding, de fibrinehuishouding en het vaatwandonderzoek de research naar hart- en vaatziekten bij TNO domineren.

Tot 1991 huisde het Gaubius Instituut TNO in de binnenstad van Leiden. In dat jaar werd het samengevoegd met het Instituut voor Experimentele Gerontologie en de Medisch Technologische Dienst in het nieuwe TNO Instituut voor Verouderings- en Vaatziekten Onderzoek. Het werd vlak bij het Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC) en de faculteit Natuurwetenschappen gehuisvest.¹⁴⁴ In de 25 jaar daarvoor hadden de medewerkers van het Gaubius Instituut TNO veelal samen met andere onderzoekers meer dan 1800 publicaties op hun naam geschreven, een gemiddelde van meer dan 70 per jaar.

Ook na de samenvoeging zou TNO internationaal succesvol blijven in het onderzoek naar hart- en vaatziekten. Nog in 2009 kreeg TNO-onderzoeker José van der Hoorn de prijs voor de internationaal meest excellente wetenschappelijke publicatie op het terrein van atherosclerose/lipoproteïnen over 2008.¹⁴⁵ In haar onderzoek naar de rol van zogenaamd HDL-cholesterol bij de vermindering van het risico op hart- en vaatziekten had ze met de afdeling Endocrinologie en Cardiologie van het LUMC samengewerkt. Na meer dan een halve eeuw leverde de samenwerking tussen TNO en het Leidse academische ziekenhuis dus nog steeds haar vruchten af. Ditmaal in de vorm van de Daniel Steinberg Award van het wetenschappelijke tijdschrift *Arteriosclerosis, thrombosis and vascular biology*.

Dergelijke successen waren mogelijk dankzij de inzet van excellente onderzoekers die de samenwerking met externe deskundigen zochten. Een bepaalde taakopvatting, structuur en strategie van de organisatie had dat mogelijk gemaakt en gestimuleerd. Het waren evenwel juist deze aspecten van de Gezondheidsorganisatie TNO die vanaf

de jaren zeventig ter discussie kwamen te staan. De maatschappij was veranderd en de Gezondheidsorganisatie TNO zou dat merken. Welke maatschappelijke rol vervulde het gezondheidsonderzoek van TNO? Hoe moest dat georganiseerd worden? Hoe verhiel het TNO-onderzoek zich ten opzichte van ander universitair en niet-universitair onderzoek op dit domein? Dit waren het soort fundamentele vragen waarmee de Gezondheidsorganisatie TNO zich enkele jaren na het 'zelfbewuste' Gedenkboek bij het 25-jarig jubileum geconfronteerd zag.

Eric Berkers

12. HET GEZONDHEIDS- ONDERZOEK IN PROBLEMEN (1970-1990)

'Eigenlijk ontbrak een basisfilosofie voor het beleid; men ging ervan uit dat veel onderzoek leidt tot verbetering van de volksgezondheid zonder dat prioriteiten werden gesteld,' zo oordeelde W. Tesch in 1975 over de eerste twee decennia van de Gezondheidsorganisatie TNO. Hij was van 1960 tot 1971 voorzitter van de organisatie geweest. En over het bereiken van de algemene doelstelling van een TNO-organisatie, zoals vastgelegd bij de oprichting van TNO, was hij al evenmin positief. De TNO-organisaties zouden immers 'eenheid ... brengen in de bemoeiingen van het Rijk met toegepast-wetenschappelijk onderzoek. Naar mijn mening werd hiermee bedoeld dat TNO een complementaire, maar ook coördinerende en beleidsbouwende taak zou vervullen. Dit is, althans wat de GO [Gezondheidsorganisatie TNO - auteurs] betreft, onvoldoende waargemaakt.'¹⁴⁶

GEZONDHEIDSZORG TER DISCUSSIE

De kanttekeningen van de voormalige voorzitter moeten geplaatst worden tegen de achtergrond van een toegenomen kritische houding vanuit de samenleving ten opzichte van een geneeskunde die op wetenschappelijk onderzoek, specialisatie en technologie gebaseerd is. Vanuit een sterk anti-establishment- en anti-autoriteitsgevoel was die kritiek op het gezondheidszorgdomein in de jaren zestig voor het eerst manifest geworden in de geestelijke gezondheidszorg. Gevoed door economische crises verspreidde die kritische houding zich in de jaren zeventig naar andere domeinen van de gezondheidszorg. Steeds luider klonk de vraag wat alle investeringen in medisch-wetenschappelijk onderzoek en de op- en uitbouw van medisch-technologische infrastructuur de samenleving nou eigenlijk opleverden. Natuurlijk kon de medische wetenschap op prachtige successen in de afgelopen decennia wijzen, zoals op de eliminatie van het levensbedreigende karakter van infectieziekten, doorbraken in de transplantatiegeneeskunde en verworven kennis op het gebied van hart- en vaatziekten en bepaalde vormen van kanker, maar dit was als het ware het 'laaghangende fruit'. Bovendien stonden hier medische fouten tegenover (zoals met Softenon en het DES-hormoon), was de medicalisering van de samenleving volgens velen ongewenst en waren de kosten voor de gezondheidszorg fors toegenomen. Kortom, het haast ongebreidelde geloof in medische wetenschap, onderzoek en technologie zoals dat in de jaren vijftig en begin jaren zestig had gedomineerd, was verdwenen.

Reeds in 1966 had A. Querido, hoogleraar Geneeskunde te Leiden, in een lezing te kennen gegeven de 'prospects of medical research in the Netherlands ... gloomy ... indeed extremely bad' te vinden. Deze mening deelde hij naar eigen zeggen met een groep vooraanstaande medische wetenschappers, die hun zorg hierover al bij de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW) hadden neergelegd.¹⁴⁷

Betrof de zorg van Querido en anderen het medisch onderzoek in het algemeen, een paar jaar later verwoordde professor Van Bakkum van het Radiobiologisch Instituut TNO in een interne memo zijn zorgen over de positie van TNO op het terrein van het medisch-technologisch onderzoek.¹⁴⁸ Volgens Van Bakkum lagen er grote kansen

voor de Gezondheidsorganisatie TNO in het verschiet, maar dan waren er wel interne veranderingen nodig. Het ontbrak aan een actief beleid en er was onvoldoende menskracht in de top van de organisatie. In overleg met de verschillende directeurs en onderdirecteurs moest er een scherp omliggende toekomststrategie worden geformuleerd.¹⁴⁹

Het grote optimisme dat twee decennia had gedomineerd, werd tegen 1970 overschaduwd door onzekerheid, het uitblijven van nieuwe doorbraken en de onduidelijkheid over een strategie. In het jaarverslag over 1970 werd de teleurstelling uitgesproken

'dat er zowel op het gebied van de belangrijkste doodsoorzaken (hart- en vaatziekten, kanker) als op het gebied van de langzaam verlopende verstoringen van de gezondheid, eventueel beïnvloed door talloze niet duidelijk identificeerbare effecten van de moderne technische beschaving, nog weinig definitiefs is bereikt ... De samenleving verwacht van ons, dat de oplossing van deze problemen van gezondheid en ziekte snel wordt gevonden.'¹⁵⁰ De legitimatie van de Gezondheidsorganisatie TNO zou onder druk komen te staan als het wetenschappelijke gezondheidsonderzoek - inclusief dat van TNO - de verwachtingen niet ging inlossen en de organisatie bovendien nog geen onderzoeksagenda voor de opkomende problematiek rond milieu en ecologie had.

TEKORTEN EN BEZUINIGINGEN

De worstelingen kregen het karakter van een crisis toen de Gezondheidsorganisatie TNO in financiële problemen geraakte. Zo werd 1978 'het moeilijkste jaar uit haar geschiedenis' genoemd, een kwalificatie die een jaar later al achterhaald bleek, aangezien 1979 als nog zwaarder werd beoordeeld.¹⁵¹ De problemen waren een paar jaar eerder begonnen. De jaren 1975 en 1976 waren beide met een tekort van circa 2 miljoen gulden afgesloten. In het eerstgenoemde jaar kon men nog teren op de opgebouwde reserves, maar in 1976 werd duidelijk dat bezuinigingen en bijstelling van de ambities noodzakelijk waren. Nadat 1977, dankzij het leggen van een aantal 'zeer tijdelijke noodverbanden', nog een klein begrotingsoverschot liet zien, moesten het jaar daarop alle middelen uit de kast worden gehaald om het tekort te beperken.¹⁵² Door te bezuinigen op de aanschaf en vervanging van 'in wezen noodzakelijke' apparatuur, konden gedwongen ontslagen vooralsnog uitblijven.

Gedwongen door de turbulentie, besloot het bestuur van de Gezondheidsorganisatie TNO een conferentie te beleggen waarin de hele organisatie mocht filosoferen over de toekomstige doelstellingen, uitgangspunten en dergelijke. Bovendien besloot het bestuur de minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne een brief te sturen waarin de zorgen over de herstructurering van TNO werden geuit (zie hoofdstuk 4). Een rapport van de Werkgroep Toekomstige Financiering TNO was door de Gezondheidsorganisatie TNO met gemengde gevoelens ontvangen. De kern van dit rapport was dat TNO haar financieringsbronnen en activiteiten moest verleggen naar contractresearch en de markt.

Zelf weet het bestuur de financiële problemen aan het speciale karakter van het gezondheidsonderzoek. Het betrof namelijk relatief lange projecten, die een vaste financiering nodig hadden.¹⁵³ De Gezondheidsorganisatie TNO betoogde verder dat het weliswaar mogelijk was meer onderzoek in opdracht te doen, maar dat daardoor het tekort alleen maar verder zou oplopen. Traditionele opdrachtgevers, zoals de Europese Gemeenschap en fondsen als de Hartstichting en het Koningin Wilhelmina Fonds, limiteerden hun bijdragen meestal tot 35% à 50% van de totale onderzoekskosten. Het restant moest uit de basissubsidie worden bijgepast. En daarop werd nu juist gekort.¹⁵⁴

De Gezondheidsorganisatie TNO wilde dan ook een ander financieringsregime met hogere subsidies en minder afhankelijkheid van de markt dan de andere TNO-organisaties. Een andere financieringsstructuur moest niet alleen voor het TNO-gezondheidsonderzoek gelden, maar voor het gezondheidsonderzoek in het hele land. Het bestuur gaf de minister een negatief advies over de voorgenomen herstructurering van TNO.

KWETSBAAR ONDERZOEKSGBIED

Per 31 december 1980 werd de Gezondheidsorganisatie TNO formeel opgeheven. Toch was er wel rekening gehouden met de bezwaren die het bestuur hierbij had.

De overgang van de Gezondheidsorganisatie TNO naar de Hoofdgroep Gezondheids-onderzoek TNO kenmerkte zich namelijk vooral door 'continuïteit'. De minister had als antwoord op de brief van het bestuur gesteld dat de bestaande doelstelling van de Gezondheidsorganisatie TNO en haar 'basisfilosofie' onderdeel moesten worden van het nieuwe strategische plan van TNO. Ook kon TNO op voorhand geen wijzigingen in de verdeling van de overheidssubsidie over de verschillende TNO-onderdelen aanbrengen. 'Majeure wijzigingen in deze allocatie kunnen slechts worden aangebracht op basis van in het strategisch plan te formuleren zwaarwegende argumenten.' Het gezondheidsonderzoek van TNO kon derhalve blijven rekenen op 'een meer dan proportionele toewijzing' van gelden uit de TNO-basissubsidie. De minister erkende dat het gezondheidsonderzoek en ook delen van het voedingsonderzoek niet konden voldoen aan de doelstelling om meer externe gelden te verwerven, zoals was gesteld in de Nota Toekomstige Financiering TNO.¹⁵⁵

De minister had de voorzitter van de Centrale Organisatie TNO van bovenstaande op de hoogte gebracht. Deze was er mee akkoord gegaan, net als met de erkenning dat 'in verschillende opzichten ... het gezondheidsonderzoek van karakter [verschilt] met ander onderzoek binnen de Organisatie TNO. Enerzijds behoeft dit de gedachte van één TNO geenszins in de weg te staan, anderzijds zal binnen de Organisatie een gedifferentieerd beleid noodzakelijk zijn. Bij alle geledingen van de organisatie berust de taak het klimaat te bevorderen waarin het met de éénwording van TNO beoogde creatieve gebruik van velerlei deskundigheden en attitudes tot zijn recht kan komen.'¹⁵⁶

De Gezondheidsorganisatie TNO beschouwde de uitkomst ondanks haar opheffing als een overwinning. De brief van de minister werd met trots integraal in het jaarverslag afgedrukt. Mede 'dankzij de gebleken afwezigheid van starre vasthoudendheid aan de eens gekozen onderwerpen van onderzoek, is continuering van de trend van het onderzoek van de Gezondheidsorganisatie door de Hoofdgroep Gezondheidsonderzoek mogelijk', zo oordeelde het bestuur, eraan toevoegend dat 'continuïteit ... vernieuwings-tendensen niet in de weg [behoeft] te staan'.¹⁵⁷

Het bleek uitstel van executie. Vanuit de doelstelling 10 miljoen gulden te bezuinigen op het niet-universitaire gezondheidsonderzoek kondigden de staatssecretaris van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur en de minister van Onderwijs en Wetenschappen in het najaar van 1992 een brede analyse van het gezondheidsonderzoek aan. In drie ronden werd tussen 1993 en 1995 al het onderzoek op dit domein in ons land door de Raad voor het Gezondheidsonderzoek tegen het licht gehouden. Het ministerie van Onderwijs en Wetenschappen wilde de brede analyse onder meer gebruiken voor 'het vergroten van doelmatigheid en effectiviteit' in het gezondheidsonderzoek bij zowel TNO als het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). In het eerste rapport, dat al in april 1993 verscheen, werd dan ook uitgebreid stilgestaan bij de taken, de positie en de rol van beide organisaties. Overigens ging TNO zich door deze externe ontwikkelingen en de forse daling van de doelfinancieringen eveneens heroriënteren. Men liet het adviesbureau Arthur D. Little een sterkte/zwakte-analyse uitvoeren. Die bevindingen mondden onder meer uit in de TNO-strategienota *Werk maken van kennis*. Met de betrokken ministeries en de andere organisaties werd bovendien een rondetafelgesprek gehouden 'over hoe te komen tot een integrale aansturing van het onderzoeks- en wetenschapsbeleid'.¹⁵⁸

De Raad van het Gezondheidsonderzoek was van mening dat het gezondheidsonderzoek van TNO te weinig op toepassingen was georiënteerd. Mede als gevolg hiervan besloot TNO grote delen van het immunologische, celbiologische en genetische onderzoek naar universitaire vakgroepen over te hevelen. Het vaatonderzoek en het gerontologisch onderzoek werden daarentegen omgebogen in de richting van meer

toegepast onderzoek. Behalve in de genoemde strategienota kwam die nieuwe koers ook tot uiting in het Doelfinancieringsprogramma voor 1995. Hieruit was het fundamenteel biomedisch onderzoek grotendeels verdwenen.¹⁵⁹

Voorts vond de Raad dat het TNO-onderzoek op het gebied van collectieve preventie moest worden overgeheveld naar het RIVM, dan wel ondergebracht bij het Netherlands Institute of Health Evaluation Sciences van de Erasmus Universiteit in Rotterdam. Met dit advies in de hand, stelde het RIVM een ruil met het toxicologisch onderzoek aan TNO voor. Dit onderzoek gebeurde namelijk ook bij beide organisaties en vertoonde volgens de Raad te veel overlap. Het advies was om het toxicologisch onderzoek bij TNO te concentreren. Aangezien het rapport van Arthur D. Little echter marktpotentie voor preventieonderzoek had laten zien, voelde TNO er weinig voor dit in een ruil met het RIVM kwijt te raken. Door een interne herstructurering en het aangaan van externe samenwerkingsverbanden, onder meer met het genoemde Rotterdamse instituut, lukte het om het preventieonderzoek voor TNO te behouden. Het werd zelfs als een TNO-speerpunt gedefinieerd. Dit tastte de onderhandelingspositie van het RIVM aan in de voorgestelde ruil met toxicologie. Hierdoor restte het RIVM nu weinig anders dan het toxicologisch onderzoek sterk te beperken.¹⁶⁰

Tussen beide instellingen bestond er ook een overlap op het gebied van stralings-onderzoek. Het RIVM bezat een laboratorium voor stralingsonderzoek en TNO beschikte over het Centrum voor Stralingsbescherming en Dosimetrie. Die overlap verdween echter toen het RIVM zijn werkzaamheden op dit gebied naar het Nederlands Meetinstituut overhevelde. Een afbakeningsprobleem met het RIVM bleef nog wel bestaan op het terrein van de immunologie. Op dit terrein vervulden niet alleen TNO en het RIVM taken, maar ook het Centraal Laboratorium van de Bloedtransfusiedienst van het Nederlandse Rode Kruis. De Raad voor het Gezondheidsonderzoek wilde dat het RIVM zich op immunologisch onderzoek gericht op de ontwikkeling van vaccins ging concentreren. De raad oordeelde verder dat TNO op de gebieden van *medical technology assessment* en medische informatica meer moest samenwerken met universitaire groepen en instituten - ook buitenlandse. Hieraan kwam TNO tegemoet.

Ook het Primatencentrum TNO was onderdeel van de besluitvorming rond de reorganisatie van en de besparingen op het gezondheidsonderzoek begin jaren negentig. Het centrum was weliswaar uniek voor Nederland, zodat er geen overlap met het werk van andere instanties bestond, maar het was wel een dure voorziening. De noodzaak tot bezuinigingen deed de minister naar Europa kijken. Door het centrum een grensoverschrijdende betekenis te geven, zou het deels uit Europese gelden gefinancierd kunnen worden. Er werden besprekingen gevoerd met Frankrijk en Duitsland alsook met de Europese Commissie. Daarnaast kreeg TNO de opdracht om een ondernemingsplan voor een verzelfstandigd Primatencentrum te schrijven. Eind 1994 werd het centrum losgemaakt van TNO en ging het onder de naam Biomedical Primate Research Centre als zelfstandig onderzoeksinstituut verder. Nederland en EU-fondsen droegen ieder 4,5 miljoen gulden bij aan de exploitatie, een zelfde bedrag moest van industriële en wetenschappelijke opdrachtgevers komen. De Raad van Bestuur van TNO leverde samen met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen de leden voor de eerste Raad van Toezicht van het Centrum.¹⁶¹

Halverwege de jaren negentig was de minister tevreden over de herijking van het gezondheidsonderzoek bij TNO: 'Binnen het gezondheidsonderzoek van TNO is heel veel tot stand gebracht in lijn met de aanbevelingen uit het rapport van de Raad.' Er was nog wel een probleem over de verdeling van werkzaamheden tussen de verschillende organisaties op het gebied van de immunologie. De minister riep de partijen dringend

op hierover in dialoog te gaan. Bovendien vroeg hij de Raad voor het Gezondheids- onderzoek om nader advies wat betreft dit onderzoeksdomein. Ofschoon er op dit punt dus nog duidelijkheid moest komen, kon TNO in de arena van het Nederlandse gezondheidsonderzoek, ondanks teruglopende overheidsfinanciering midden jaren negentig, een belangrijke speler blijven. Een accentverschuiving waarbij de organisatie zich ging richten op 'toegepast onderzoek en op concrete produkten die bruikbaar zijn in de gezondheidszorg en op het strategisch onderzoek dat hiervoor een voorwaarde vormt', was daarvoor cruciaal gebleken. Zeker als de nadruk op chronische ziekten kwam te liggen, aldus de minister.¹⁶²

Het gezondheidsonderzoek behoorde tot de meest kwetsbare onderzoeksterreinen binnen TNO bij de overgang van een collectieve researchorganisatie naar een contract-researchorganisatie. De 'markt' als financieringsbron bleek voor de organisatie een moeilijk te mobiliseren categorie. De subsidies die de overheid nog verstrekke, waren verminderd en de doelsubsidies maakten de organisatie sterk afhankelijk van het beleid van de afzonderlijke ministeries. In het geval van het gezondheidsonderzoek had dit tot gevolg dat de doelsubsidie onderdeel werd van de bezuinigingsplannen van het ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur. Het ministerie was daarnaast in toenemende mate gaan investeren in het RIVM, dat het als zijn 'huislaboratorium' zag. Het RIVM was daardoor in de loop van de tijd van karakter veranderd. Aanvankelijk opgericht als productiebedrijf voor sera en vaccins en als medisch test laboratorium voor routineanalyses van jaarlijks honderdduizenden monsters, werd het instituut na de Tweede Wereldoorlog steeds meer een breed researchlaboratorium.¹⁶³ Deze verschuiving binnen de kennisinfrastructuur speelde het TNO-gezondheidsonderzoek parten, zeker toen de overheid, door bezuinigingen gedwongen, van het overvloedig vet af wilde. Het lukte TNO echter om zichzelf op dit domein opnieuw uit te vinden. Het bleef actief in het gezondheidsonderzoek met TNO Preventie en Gezondheid.

Uiteindelijk lag een integratie van het gezondheids- en het voedingsonderzoek binnen TNO het meest voor de hand.

Eric Berkers

› 13. NAAR EEN INTEGRATIE VAN VOEDING EN GEZONDHEID (1990-2012)

Al in de jaren vijftig werd er ‘ten aanzien van projecten met bijzondere voedings- en gezondheidsfacetten’ intensief en in toenemende mate samengewerkt tussen de Voedingsorganisatie TNO en de Gezondheidsorganisatie TNO.¹⁶⁴ Op de werkvloer was die samenwerking bijvoorbeeld manifest in het onderzoek naar de relatie tussen een bepaald dieet en hart- en vaatziekten, of in het onderzoek naar de relatie tussen voedingsmiddelen en kanker. Tussen 1950 en 1958 hadden beide organisaties bovendien een zelfde voorzitter en secretaris. Daarnaast werd de directeur van het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO (CIVO-TNO) lid van de adviescommissies van de Gezondheidsorganisatie TNO waarbij voedingsaspecten van belang waren. Kortom, twee van de vier Bijzondere Organisaties van TNO hadden raakvlakken op de werkvloer en in de organisatie. Toch waren zij in karakter ook twee zeer verschillende organisaties.

DE VERSCHILLEN OVERWONNEN

De Gezondheidsorganisatie TNO werd bemand door medici en ze had intensieve contacten met de academisch-medische wereld. De organisatie straalde decennialang het gezag en het prestige van de medische stand uit. Een dergelijk imago ontbeerde de Voedingsorganisatie TNO. Weliswaar bemanden academici in groten getale de Voedingsorganisatie TNO, maar zij kwamen uit minder prestigieuze disciplines. Dergelijke ‘standsverschillen’ behoorden tot de TNO-cultuur. Structureel was er een verschil in marktorientatie. De Voedingsorganisatie TNO en haar opvolgers hadden hechte relaties met overheid én bedrijfsleven. De Gezondheidsorganisatie TNO en haar opvolgers waren voor hun onderzoeksthema’s veel meer gericht op de medische faculteiten (met name Leiden en Rotterdam) en de overheid, vooral de ministeries van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur en van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

Zodra de gezondheidsonderzoekers echter de markt opgingen, kwamen zij TNO Voeding tegen. Dat werd eens te meer duidelijk toen ‘omzetting in een marktgerichte onderzoeksinstelling’, zoals het *Jaarverslag* uit 1992 het verwoordde, leidde tot de oprichting van zes ‘strategic research units’. Drie daarvan richtten zich op de overheid (Gezondheidsbeleid, Veroudering, Arbeid) en drie op het bedrijfsleven en de overheid (Vascular and Immune Disease, Health and Safety Evaluation, Food Product Technologies). Omdat men zelf weinig ervaring met het bedrijfsleven als partner had, zochten de gezondheidsonderzoekers voor deze laatste units uitdrukkelijk de samenwerking met TNO Voeding. Twee van de drie units kwamen bovendien onder auspiciën van TNO Voeding, waar men wel de nodige ervaring met opdrachtonderzoek voor het bedrijfsleven had.¹⁶⁵

Terwijl de omzet van TNO Voeding sinds midden jaren tachtig gestaag was blijven groeien, was die van de Hoofdgroep Gezondheidsonderzoek (later TNO Preventie en Gezondheid) gaan dalen. TNO Voeding was na de herstructurering van TNO begin jaren negentig lange tijd zelfs het grootste TNO-instituut. Preventie en Gezondheid nam binnen TNO naar omzet gemeten juist in betekenis af. In 1994 was het nog het vierde TNO-instituut, in 2000 het tiende. Dat kwam mede omdat delen van het onderzoek door andere instituten werden overgenomen, zoals door TNO Technische Menskunde, TNO Milieuwetenschappen en het Biomedical Primate Research Centre TNO. Nadat er dus al enige jaren intensiever was samengewerkt, kwam er in 2005 aan de scheiding tussen de oude domeinen ‘voeding’ en ‘gezondheid’ bij TNO een definitief einde met de instelling van het TNO kerngebied Kwaliteit van Leven. Hierin gingen Voeding en Preventie en Gezondheid samen verder. Vanaf 2011 als het hoofdthema Gezond Leven.

Een belangrijk argument voor samenwerking binnen TNO is altijd de synergie geweest. In beleidsjargon klonk dat als volgt: ‘Kortere lijnen naar opdrachtgevers en

meer horizontale koppeling leggen een nog sterker accent op multidisciplinair optreden. Het vermogen tot synergie bij het optreden van de instituten in de markt vormt een van de graadmeters van het succes van TNO. Een volgende fase op weg naar betere kostenbeheersing, hogere productiviteit en een efficiënt huisvestingsbeleid is ingegaan.¹⁶⁶ De werkvloer zocht de motivatie meer in het gezamenlijk oplossen van fascinerende vraagstukken. Twee voorbeelden laten zien hoe die samenwerking tussen het gezondheids- en het voedingsonderzoek tot stand kwam.

HET GERONTOLOGISCH ONDERZOEK

TNO kende op de terreinen van voeding en gezondheid al vanaf de jaren vijftig een benadering die zich op specifieke leeftijds- en bevolkingsgroepen richtte. Vooral de medische en maatschappelijke gevolgen van de vergrijzing hadden al vroeg de aandacht. In 1952 drong de staatssecretaris van Volksgezondheid bij TNO aan op serieuze studie naar deze problematiek.¹⁶⁷ Het leidde tot de instelling van de Oriënteringscommissie Gerontologisch Onderzoek in dat jaar. Drie jaar later maakte R.J. Zonneveld, arts-coördinator van het gerontologisch onderzoek en lid van de Wereld Gezondheidsorganisatie, een uitgebreide Europese studiereis over dit onderwerp. Hij wilde een goed overzicht krijgen van het onderzoek naar en van de zorg voor bejaarden in Zweden, Denemarken, Zwitserland, Frankrijk en Groot-Brittannië.¹⁶⁸

Vanaf 1953 gaf de Gezondheidsorganisatie TNO subsidie aan diverse academische onderzoekingen naar veroudering. Zowel onderzoek naar biologische aspecten, dat plaatsvond in het Antoni van Leeuwenhoek Ziekenhuis, als langlopende onderzoeken door huisartsen naar de gezondheidstoestand van bejaarden kregen financiële ondersteuning. Om dit type onderzoek minder afhankelijk te laten zijn van jaarlijkse subsidies, besloot TNO in 1965 een Werkgroep Experimentele Gerontologie op te richten. Aanvankelijk werd deze in het Antoni van Leeuwenhoek Ziekenhuis ondergebracht, maar later voor een deel naar het Radiobiologisch Instituut TNO in Rijswijk overgebracht, waar men de beschikking over proefdieren had. Samen met de Nederlandse Vereniging voor Gerontologie bestreek de TNO Werkgroep Experimentele Gerontologie een groot deel van het onderzoek op het gebied van de ouder wordende mens.¹⁶⁹ De status van de Werkgroep werd in 1971 verhoogd, toen deze transformeerde tot TNO Instituut voor Experimentele Gerontologie. Er werkten toen ruim 40 medewerkers, onder wie 11 academici.¹⁷⁰

Ook binnen de Voedingsorganisatie TNO vond vanaf de jaren vijftig leeftijdsspecifiek onderzoek plaats. Het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO (CIVO-TNO) stelde zich onder meer ten doel om de voedingstoestand van verschillende bevolkingsgroepen, waaronder ouderen, continu te monitoren. In 1983 was de voeding van bejaarden als eerste tranche in een langetermijnonderzoek naar de voeding van de Nederlandse bevolking onderzocht. Het onderzoek bestond uit een *pilot*-studie onder 200 Nederlanders van 65 jaar en ouder, zelfstandig wonend en in bejaardenhuizen. Via interviews en via bloed- en urinemonsters werd er naar de relatie tussen voeding en een aantal lichamelijke eigenschappen gekeken, zoals het vitamine B6-gehalte en het ijzergehalte in het bloed, die beide een belangrijke rol in de stofwisseling spelen.¹⁷¹

De vergrijzing, die al in de jaren vijftig was geconstateerd en voorspeld, werd in de jaren negentig manifest. Om de kennis van TNO over verouderingsprocessen te bundelen, werd in 1995 het TNO Centrum voor Verouderingsonderzoek geopend. Ofschoon het centrum nauw gerelateerd was aan de afdeling Gerontologie van de Rijksuniversiteit Leiden en viel onder het toenmalige TNO Preventie en Gezondheid, was het uitdrukkelijk bedoeld als meer dan een puur medisch expertisecentrum. Het ging zich toeleggen op drie onderzoeksvelden: ouderen en mobiliteit; ziekten en aandoeningen die met

veroudering in verband stonden, en de woon-, leef- en werkomgeving van ouderen.

Het centrum kende geen eigen onderzoeksgroep, maar initieerde samen met opdrachtgevers onderzoek. Het coördineerde de TNO-expertise en die van universitaire groepen.¹⁷² Alle TNO-kennis rond ouderdom, inclusief de ontwikkeling van hulpmiddelen voor ouderen, kwam in het nieuwe centrum samen. Volgens de eerste directeur was het centrum door de breedte van het onderzoek uniek in Europa.¹⁷³

Dat het centrum inderdaad breed naar de problematiek rond ouderdom keek, bleek ook uit de samenwerking met TNO Industrie, de Technische Universiteit Eindhoven en de Stichting Consument en Veiligheid. Deze instanties deden samen onderzoek naar de eisen waaraan specifieke producten moeten voldoen om veilig door ouderen te kunnen worden gebruikt. Een basisdocument met daarin de uitwerking van de belangrijkste risicocombinaties ging het uitgangspunt vormen voor het herontwerpen van bijvoorbeeld fietsen, huishoudtrappen en klusgereedschappen voor ouderen. Ook werden toetsbare eisen geformuleerd voor de productie van diverse, op ouderen gerichte artefacten.¹⁷⁴

TNO Kwaliteit van Leven werkt sinds het begin van deze eeuw ook intensief samen met het VU Medisch Centrum en de Vrije Universiteit in het onderzoekscentrum Body@Work, onderdeel van het Extra Muraal Geneeskundig Onderzoek (EMGO)-Instituut voor onderzoek naar gezondheid en zorg. Op basis van epidemiologische kennis over gezondheidseffecten van bewegen stelt men bewegingsnormen op en doet men onderzoek naar het naleven van die normen door verschillende bevolkingsgroepen, waaronder ouderen.¹⁷⁵ Hierbij wordt wetenschappelijk onderzoek uitdrukkelijk aan beleidsontwikkeling gekoppeld. Vanuit die samenwerking stelde de Stichting Lorentz-van Itersonfonds TNO in 2008 een bijzondere leerstoel 'Lichamelijke activiteit en gezondheid bij ouderen' in aan de Vrije Universiteit.¹⁷⁶ Inmiddels heeft die samenwerking 15 promoties opgeleverd.

'FUNCTIONAL FOOD'

Een ander samenwerkingsthema tussen voeding en gezondheid betrof 'functional food'. Begin jaren negentig brachten zuivelproducenten als onderdeel van een trend naar 'novel' en 'healthy foods' gefermenteerde melkproducten op de markt waaraan gezondheidsbevorderende eigenschappen werden toegeschreven. Dit was geen nieuwe ontwikkeling - denk aan Becel, dat al begin jaren zestig met gezondheidsclaims op de markt kwam - maar de schaal, de rol van marketing en de houding van de consument waren wel veranderd. Omdat veel van de gezondheidsclaims onvoldoende onderbouwd waren, startten verschillende onderzoeksgroepen binnen TNO Voeding en TNO Preventie en Gezondheid vanuit hun specifieke achtergrond en kennis een onderzoek naar melkzuurbacteriën. De claims van een aantal producten met *Lactobacillus* en *Bifidobacterium* werden getest. TNO werd hiervoor ook door de industrie gezocht.

De expertise van TNO, ook ten aanzien van voedingsgewoonten van groepen, maakte van de organisatie een interessante partner voor de voedingsmiddelenindustrie. TNO was bovendien een onafhankelijke onderzoeksorganisatie. Producenten van 'functional foods' benaderden TNO om gezondheidsclaims te onderbouwen. Zo vroeg Danone midden jaren negentig aan TNO om de claim te onderzoeken dat hun 'Actimel Cholesterol Control' het LDL-cholesterol-niveau in het bloed verlaagde en daarmee de kans op coronaire hartziekten verminderde. Naar eigen zeggen was Danone's keuze voor TNO logisch, omdat het instituut zowel in de wetenschappelijke wereld als bij de consument een goede naam had. De naam van TNO als een 'internationaal erkend deskundige op zuivelgebied' was voor Danone van belang voor het erkend krijgen van de claims in andere Europese landen.

Dubbelblind onderzoek dat TNO onder een groep mannen tussen 33 en 64 jaar uitvoerde, toonde inderdaad een significant effect aan. Bij de groep die driemaal daags 125 gram van Actimel nuttigde, daalde het LDL-cholesterolgehalte met gemiddeld 5,6 procent. Welke stof in het product hiervoor hoofdzakelijk verantwoordelijk was, kon echter niet worden vastgesteld. Maar voor Danone waren de resultaten zo positief en de naam van TNO dusdanig vertrouwenwekkend, dat het bedrijf expliciet op de verpakking en in reclame-uitingen ging vermelden dat TNO het product had onderzocht en als passend in een cholesterolverlagend dieet had beoordeeld. Om de claim nog verder te vermarkten, werden honderden exemplaren van het TNO-rapport over Actimel van Danone onder diëtisten en medisch specialisten verspreid. Danone besloot bovendien de samenwerking met TNO in het Actimel-onderzoek te verlengen.¹⁷⁷

Het onderzoek naar melkzuurbacteriën leidde bij TNO verder tot de ontwikkeling van een methode om bifidobacteriën zodanig genetisch te modificeren, dat er nieuwe toepassings- en onderzoeksmogelijkheden ontstonden. Ook werden melkzuurbacteriën als dragers van vaccins onderzocht. Dit onderzoek was met name van belang voor ontwikkelingslanden.¹⁷⁸

TNO functioneerde niet alleen als testlaboratorium voor een specifiek 'functional food', ze deed ook breder onderzoek naar dergelijke nieuwe typen voedingsmiddelen. Zo ging TNO Voeding binnen het Europese AIR-programma samenwerken met Unilever om de fysiologische werking van voedselproducten met levende micro-organismen te onderzoeken.

Juist rond cholesterol en hart- en vaatziekten kon TNO profiteren van het multidisciplinaire karakter van het onderzoek, net als van de opgebouwde internationale reputatie op dit terrein. Want nagenoeg op hetzelfde tijdstip dat voedingsmiddelenconcerns als Danone en Unilever bij TNO aanklopten voor onderzoek naar hun producten, benaderde het op één na grootste farmaceutische bedrijf van Japan, Sankyo Co. Ltd., TNO Preventie en Gezondheid om onderzoek te doen naar de werking (en de mogelijke bijwerkingen) van een aantal LDL-cholesterolverlagende geneesmiddelen, van henzelf en van concurrenten. Hier waren het, naast TNO's onafhankelijkheid, juist de kennis en de expertise op het gebied van het metabolisme van cholesterol en de aanmaak van cholesterol in verschillende typen menselijke cellen die in kweek waren gebracht, die de Japanse multinational naar TNO hadden gedreven. Academisch en contractresearch gingen hier hand in hand, want niet alleen gingen onderzoekers op zoek naar een (gunstig) testresultaat voor het medicijn van Sankyo, ook kon een van de medewerkers op het onderzoek promoveren, waarbij onder andere een onderzoeker van Sankyo als referent optrad. Voor TNO Preventie en Gezondheid betekende het een verdere verankering in de medische industrie, aangezien Sankyo de onderzoekssamenwerking een aantal jaren wilde vervolgen.¹⁷⁹

Het voedings- en gezondheidsonderzoek bij TNO was overigens een katalysator voor het betreden van de Japanse markt. In het najaar van 1995 opende TNO een eigen kantoor in Tokio van waaruit de eigen producten en diensten op de Japanse markt gebracht moesten worden.¹⁸⁰ Dit betrof aanvankelijk vooral producten en diensten op het gebied van voeding en pharma, later ook in de sectoren automotive en bouw.

GEZOND LEVEN

Gezondheid en voeding waren na de Tweede Wereldoorlog belangrijke onderzoeks-domeinen voor TNO. Het waren ook twee centrale thema's in de opbouw van de verzorgingsstaat. Deze groeide in de decennia na de oorlog exponentieel in alle dimensies. De overheid nam in toenemende mate de verantwoordelijkheid voor het welzijn van de Nederlandse burger op zich. Ze vergrootte het wettelijk kader hiervoor en breidde de voorzieningen uit. De overheid bood bestaanszekerheid voor de gehele bevolking en voor steeds meer soorten tegenslagen in het leven. Zo nam ze het op zich om de burger te beschermen tegen ziekten en voelde zij zich verantwoordelijk voor de verzorging van de zieken. Ook de voedselvoorziening kwam binnen haar aandachts-gebied, evenals de kwaliteit van het voedsel. Bij de vormgeving van gezondheid en voeding als overheidstaken schakelde ze TNO in. Dat doet ze tot op de dag van vandaag. Binnen TNO mondde het onderzoek op beide domeinen uit in het huidige hoofdthema 'Gezond Leven'.

Ofschoon de verzorgingsstaat onder druk staat vanwege de kosten en veranderende opvattingen over de rol van de overheid, staat haar fundament nog fier overeind. TNO's activiteiten op de gebieden van voeding en gezondheid laten dan ook een zekere continuïteit zien. Een continuïteit die teruggaat tot de periode vóór de Tweede Wereldoorlog, toen de verzorgingsstaat immers al experimenterend werd voorbereid. De Voedingsorganisatie TNO en de Gezondheidsorganisatie TNO bestonden toen weliswaar nog niet, maar zouden later wel voortbouwen op vooroorlogse initiatieven en ervaringen.

Een focus op preventie is een belangrijke constante in het onderzoek. De overheid zette daar met betrekking tot voeding en gezondheid al vroeg op in. Voeding werd aan regelgeving onderworpen om de hygiëne te waarborgen en om bedrog bij de productie tegen te gaan. Een systeem van schoolartsen en vaccinatieprogramma's werd opgezet, en arbeidsomstandigheden werden verbeterd. TNO borduurde daarop voort en verbreedde - wat betreft voeding - het thema aanzienlijk met haar focus op voedings-waarde en voedselveiligheid. In de huidige thematiek van TNO komt het terug in onderzoek naar nieuwe voedingsconcepten die in een gezondere eet- en levensstijl passen. Ook houdt de organisatie zich nog steeds bezig met innovaties om de veiligheid van de voedingsproducten te waarborgen en crises in de voedselvoorziening te voorkomen.

Ongevallen- en ziektepreventie op de werkvloer is een ander thema dat bij TNO een lange voorgeschiedenis heeft. Het stond aan het begin van het gezondheids-onderzoek bij TNO. Gezond en vitaal werken is nog steeds het uitgangspunt voor het onderzoek op dit gebied. Daaronder valt ook het veilig omgaan met nieuwe stoffen en technologieën. Nieuwe onderzoeksthema's zijn gericht op de verhoging van de arbeidsproductiviteit in de zorgsector en de arbeidsparticipatie aan de onderkant van de arbeidsmarkt.

Het welzijn van specifieke bevolkingsgroepen is eveneens een terugkerend onderzoeksthema. De levensstijl en het voedingspatroon van jongeren krijgen speciale aandacht omdat die hun toekomstige gezondheid kunnen ondergraven. Maar er wordt ook onderzoek verricht naar werknemers in risicobranches, fragiele ouderen en chronisch zieken. Weinig bewegen, slechte mondzorg en ongezond voedingsgedrag zijn, om enkele voorbeelden te noemen, risicogedragingen die tot onderzoeksprogramma's leiden.

Ook het netwerk waarbinnen het TNO-hoofdthema 'Gezond Leven' zich beweegt, laat een grote mate van continuïteit zien. De ministeries waaronder landbouw, volksgezondheid, arbeid en onderwijs vallen, zijn vaste gesprekspartners. Onder de klanten zien wij vertrouwde namen als Unilever en Danone, maar daarnaast nog vele anderen. In de werkrelaties zijn de universiteiten, in het bijzonder die van Leiden en Wageningen, een constante factor.

Er is ook sprake van discontinuïteit, met name wat betreft het onderzoek naar de curatieve kant in de gezondheidszorg. TNO nam het voortouw om die kant als overheids-taak te ontwikkelen. Zij investeerde in vernieuwingen van de geneeskundige praktijk en droeg eraan bij dat die praktijk in de twintigste eeuw onherkenbaar veranderde. Rond 1900 stelde de medicus een diagnose door de patiënt te betasten, te bekijken, te bevragen, et cetera. Het lichamenlijk onderzoek kon zo nodig met een stethoscoop en thermometer worden ondersteund. De therapie bestond uit het voor-schrijven van leefregels, eventueel aangevuld met middelen voor pijnstilling, koorts-wering, etc. Alleen bij operaties voor wondbehandeling, botbreuken en dergelijke stond de medicus een serie instrumenten ter beschikking. Tegenwoordig is iedere subdiscipline van de geneeskunst doordeesemd van instrumenten, apparaten, industrieel geproduceerde geneesmiddelen en technisch georiënteerde ontwikkelingsprogramma's.¹⁸¹

In de decennia na de Tweede Wereldoorlog was de Gezondheidsorganisatie TNO een katalysator in dit proces. TNO werkte aan een opmerkelijk brede scala van technieken en methoden voor fysiologische signaalverwerking, hersenonderzoek, long-onderzoek, beenmergtransplantatie, lichamenlijke handicaps, et cetera. Ze had werk-terreinen onder haar hoede als de neurofysiologie, biomedische technologie, gerontologie en radiobiologie. Ze investeerde eigen middelen in het onderzoek, ontving subsidies, verstrekke subsidies en werkte samen met andere organisaties, vooral ziekenhuizen.

Dat deel van het onderzoek is bij TNO grotendeels verdwenen en overgenomen door academische ziekenhuizen, universiteiten en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Overgebleven is onder andere het onderzoek naar 'op-maattherapieën': door profielen op te stellen van patiënten die slecht op bepaalde medicijnen reageren, moet het medicijngebruik worden verminderd en aangepast. Bijzonder is het onderzoek van TNO naar de verfijning, vermindering en vervanging van dierproeven. Haar belangstelling daarvoor stamt uit de periode dat zij voor voedings- en gezondheids-onderzoek volop gebruik maakte van dierproeven. Vanwege de maatschappelijke kritiek op dergelijke proeven zoekt de organisatie echter reeds geruime tijd naar alternatieven.

Eric Berkers en Harry Lintsen

DEEL III: DEFENSIE EN VEILIGHEID

Het defensieonderzoek nam binnen TNO een aparte plaats in. Het onderzoek was niet te vatten in termen van het collectief onderzoek zoals dat bij TNO vroeger gebruikelijk was, en slechts in beperkte mate in termen van het contractonderzoek zoals dat tegenwoordig bij TNO domineert. Het defensieonderzoek gebeurde tot voor kort hoofdzakelijk voor één organisatie, namelijk het ministerie van Defensie. De Rijksverdedigingsorganisatie TNO en haar opvolgers waren met andere woorden lange tijd het 'huislaboratorium' van dit ministerie, zoals het Natuurkundig Laboratorium dat was voor Philips.

Een dergelijke positie brengt een andere dynamiek in het onderzoek met zich mee. Het in kaart brengen van die dynamiek wordt bemoeilijkt omdat veel van de informatie vertrouwelijk is. Het aantal openbare publicaties is in verhouding met de rest van TNO gering. De jaarverslagen geven in eerste instantie slechts een summier beeld van het onderzoek op de laboratoria.¹ De beperkte openbaarheid is overigens ook een van de kenmerken van een bedrijfslaboratorium.

Na 1990 is de positie van het defensieonderzoek binnen TNO ingrijpend gewijzigd. Het gaat niet meer om defensieonderzoek sec, maar om de problematiek van integrale veiligheid. Wat wordt daaronder verstaan? Wat is de aard van het onderzoek dat onder dit thema valt? Verder dreigt de organisatie haar monopolie kwijt te raken, want het ministerie van Defensie opteert voor het inschakelen van meer kennisinstellingen bij zijn onderzoek. Daartegenover staat dat TNO voor het thema integrale veiligheid meerdere klanten weet te vinden, hoewel het ministerie van Defensie nog verreweg de belangrijkste opdrachtgever blijft. De achtergrond van deze verschuivingen komt in dit deel over defensie en veiligheid ook aan bod. Van zeer recente datum is de precaire situatie waarin de organisatie zich momenteel bevindt. De zware bezuinigingen bij Defensie hebben hun weerslag op het onderzoek. Wat zijn de perspectieven voor het thema integrale veiligheid?

DE OPRICHTING VAN DE RIJKSVERDEDIGINGSORGANISATIE TNO (1946)

De Rijksverdedigingsorganisatie TNO werd in 1946 opgericht. Zoals alle organisaties van TNO vond zij haar wortels in eerdere instituten en dan met name in testlaboratoria. De krijgsmacht kende bijvoorbeeld reeds aan het begin van de negentiende eeuw een Scheikundig Laboratorium als onderdeel van de pyrotechnische werkplaatsen. In die werkplaatsen maakte de krijgsmacht zijn springstoffen. Het laboratorium hield zich bezig met het testen van grondstoffen, materialen, kruit en - in een latere periode - andere explosieven. Een geheel nieuw werkveld kondigde zich in de Eerste Wereldoorlog aan: de strijdgassen.

Na afloop van deze oorlog stelde de regering per Geheime Beschikking een Commissie voor de Chemische Strijdmiddelen in. De commissie zette een onderzoeksprogramma op, dat in hoofdzaak gericht was op de bescherming tegen chemische wapens met behulp van gasmaskers, beschermende kleding en ontsmettingsmiddelen. Het Scheikundig Laboratorium voerde het onderzoek uit. Voor testdoeleinden werden kleine hoeveelheden strijdgassen vervaardigd.² Het laboratorium ging bij de overdracht naar TNO in 1948 functioneren onder de naam Technologisch Laboratorium TNO.

Het Technologisch Laboratorium TNO was een van de drie laboratoria van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Het tweede, het Fysisch Laboratorium TNO, had

een wat merkwaardige voorgeschiedenis. Halverwege de jaren twintig deden er namelijk geruchten de ronde over een door Duitse wetenschappers ontwikkelde 'dodende straal'. In de Sovjet-Unie werd er zelfs een film over gemaakt: 'Luch Smerti' (dodelijke straal). Een fascistische dictator wil met dit wapen zijn opstandige proletariaat een lesje leren. Een moedige agent - een rode James Bond zo gezegd - wist dat na allerlei avonturen te verhinderen. De film heeft tegenwoordig de status van klassieker. Een commissie kreeg de opdracht om het gebruik van fysische strijdmiddelen 'in zijn vollen omvang' te bestuderen. In een voetnoot werd verwezen naar de mogelijke inzet van 'electrische en electromagnetische golven', een wetenschappelijke omschrijving van de dodende straal. In 1927 kwam er een Laboratorium voor Fysische Strijdmiddelen, dat overigens 'om reacties te vermijden van anti-militaristische zijde' niet zo mocht heten en daarom het 'Meetgebouw' werd genoemd. Het kon na korte tijd de dodende straal naar het land van de fabeltjes verwijzen.³

Na deze wat curieuze start richtte het onderzoek van het laboratorium zich op serieuzere zaken. In de beginperiode ging het hierbij vooral om zogeheten luister-toestellen om de nadering van vliegtuigen vast te stellen en om elektronische vuurleidingsapparatuur. In de loop van de jaren dertig kwamen daar nog onderzoek aan radiosondes, radiocommunicatie, infraroodapparatuur en de opsporing van zee- en landmijnen bij. Het aantal medewerkers liep op van 3 in 1930 tot 33 in 1940. In 1941 zou het laboratorium Fysisch Laboratorium gaan heten.

Vlak voor de Tweede Wereldoorlog was er nog sprake van een derde voor dit verhaal belangrijke laboratorium, het Centraal Laboratorium van het Hoofdkwartier van de Opperbevelhebber van de Land- en Zeemacht. Het moest nauw gaan samenwerken met de andere twee laboratoria en zou een bredere scope krijgen. Het laboratorium was echter nauwelijks met zijn werkzaamheden begonnen toen de oorlog uitbrak en het een aantal jaren een slapend bestaan ging leiden.

Tot 1945 vielen de drie laboratoria onder Defensie. In de jaren dertig was het onderbrengen ervan bij TNO nog geen optie. TNO was in opbouw en moest nog een strijd uitvechten met het ministerie van Economische Zaken over de invloed van de overheid op het TNO-beleid (zie hoofdstuk 2).⁴ Na de oorlog werden de drie laboratoria opgenomen in de Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Overigens was daarmee niet al het defensieonderzoek bij TNO ondergebracht. Zo kende de Koninklijke Marine sinds 1950 het Laboratorium voor Elektronische Ontwikkelingen (LEO, later het LEOK).⁵

Lag het oprichten van een Rijksverdedigingsorganisatie in 1946 bij TNO voor de hand? In zekere zin was er sprake van een unieke organisatievorm.⁶ Het militair onderzoek in andere landen maakte doorgaans deel uit van het ministerie van Defensie of van de krijgsmacht. De Rijksverdedigingsorganisatie TNO was evenals de andere Bijzondere Organisaties binnen TNO - zoals de Nijverheidsorganisatie - een rechtspersoon met een publiekrechtelijk karakter. Zij nam tegenover het ministerie van Defensie en de krijgsmacht een zelfstandige positie in.⁷ 'Naar mijn mening is de door Nederland gekozen opzet de juiste ...', aldus minister van Defensie C. Staf, '... De organisatie van de krijgsmacht is opgebouwd op het principe van de centrale autoriteit; een dergelijke stringente centrale commandovoering is voor wetenschappelijk onderzoek niet aanvaardbaar.' Geheel in de geest van de tijd merkte de minister op '... dat research-werkers het vruchtbaarst kunnen werken, wanneer zij in onafhankelijke kleine groepen arbeiden en daarbij een zekere mate van vrijheid en zelfstandigheid bezitten ...'.⁸ Een voordeel van de organisatievorm was bovendien dat zij in principe de belangen van de drie krijgsmachtonderdelen in samenhang met elkaar kon behartigen. Verder kon het defensieonderzoek profiteren van het brede onderzoeksveld binnen TNO en makkelijk

contacten leggen met kennisorganisaties buiten TNO.

'Uit het vorenstaande moet ...', volgens de minister, '... echter niet de conclusie worden getrokken, dat de krijgsmacht niet bij research c.q. ontwikkeling zou zijn betrokken.' De statuten voorzagen in die thematiek. In de praktijk kwam er van de vrijheid van onderzoek dan ook weinig terecht en stelden het ministerie van Defensie en de krijgsmacht het beleid van het defensieonderzoek vast.⁹ Jaarlijks vereiste het werkprogramma van het bestuur van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO de goedkeuring van de minister. In het bestuur zaten vier niet-militaire, 'gewone' leden. Deze leden werden, net als andere belangrijke civiele functionarissen binnen de organisatie, beëdigd en zij moesten loyaliteit en geheimhouding beloven.¹⁰ Daarnaast kende het bestuur twee gedelegeerden namens de minister, die door vier plaatsvervangende gedelegeerden werden ondersteund. De zes functionarissen vertegenwoordigden de 'Staf' en het 'Materieel' van ieder van de drie krijgsmachtonderdelen. Het bestuur overlegde voor het jaarlijkse werkprogramma met het Comité Verenigde Chefs van Staven en hoorde de Materieelraad. De voorstellen kwamen van de Contact Commissies, samengesteld uit onderzoekers van de verschillende laboratoria en vertegenwoordigers van de krijgsmachtonderdelen. De commissies bewaakten ook de voortgang van het onderzoek. Met al deze bepalingen was de organisatievorm van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO voor de militaire betrokkenen aanvaardbaar.

HET DEFENSIEONDERZOEK (1946-1990)

De drie bestaande laboratoria werden na haar oprichting bij de Rijksverdedigingsorganisatie TNO ondergebracht, het Fysisch Laboratorium in 1947 als eerste.¹¹ Dit laboratorium fuseerde later, in 1984, met het Laboratorium voor Elektronische Ontwikkelingen voor de Krijgsmacht (LEOK). Zo ontstond het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO (FEL-TNO). Beide laboratoria bewogen zich op hetzelfde technologische domein, maar het Fysisch Laboratorium TNO werkte in belangrijke mate voor de landmacht en het LEOK voor de marine. Het kostte dan ook jaren van voorbereiding voordat de fusie een feit was.¹²

Het Scheikundig Laboratorium kreeg bij de overdracht naar TNO de naam 'Technologisch Laboratorium TNO', terwijl het Centraal Laboratorium 'Chemisch Laboratorium TNO' ging heten. In 1979 werden de twee laboratoria samengevoegd in het Prins Maurits Laboratorium, Instituut voor Chemische en Technologische Research.¹³

Naast deze laboratoria bestonden er in de beginperiode nog twee onderzoeksinstituten, namelijk het Medisch-Biologisch Laboratorium TNO (opgericht in 1947) en het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO (opgericht in 1956).

Alle laboratoria werkten hoofdzakelijk voor het ministerie en de krijgsmacht. Dat blijkt ook uit de financiering. Tot 1990 ontving de Rijksverdedigingsorganisatie TNO 90% of meer van haar inkomsten van de overheid. Het belangrijkste deel daarvan was een subsidie van het ministerie van Defensie. Daarnaast kwam 5 tot 15% uit opdrachten van de krijgsmachtonderdelen of het ministerie. Zo waren er in 1964 meer dan honderd verzoeken voor onderzoek, waarvan twee derde terecht kwam bij de eigen laboratoria. De rest werd elders bij TNO of eventueel buiten TNO aanbesteed.

Net als de andere organisaties van TNO maakte de Rijksverdedigingsorganisatie TNO in de eerste decennia een spectaculaire groei door: van ongeveer 90 medewerkers in 1948 tot 790 in 1972. Daarna liep het aantal nog op tot circa 940 in 1992. Enkele tientallen dienstplichtigen maakten deel uit van het personeelsbestand; het waren zogeheten reserveofficieren academisch gevormd (ROAG). Sommigen van hen bleven na afloop van de dienstdienst bij TNO werken.

Het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, aanvankelijk begonnen als Werkgroep Waarneming, was het kleinste laboratorium, maar had een bijzonder karakter.¹⁴ Het was het meest interdisciplinaire onderdeel van de organisatie en vermoedelijk

Tabel 14.1: Personeelsbestand van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO naar laboratorium in 1952

LABORATORIUM	AANTAL MEDEWERKERS
Fysisch Laboratorium TNO	101
Technologisch Laboratorium TNO	46
Chemisch Laboratorium TNO	42
Medisch-Biologisch Laboratorium TNO	40
Instituut voor Zintuigfysiologie TNO*	7
TOTAAL ALLE LABORATORIA	236

* Het instituut heette in dat jaar nog Werkgroep Waarneming.

Bron: J. Jonker, Van RVO tot HDO. 40 jaar Defensieonderzoek TNO (Den Haag 1987), 27.

van geheel TNO. Onder de onderzoekers vond men psychologen, natuurkundigen, ingenieurs en medici. Het instituut hield zich aanvankelijk bezig met zintuigfysiologische en waarnemingspsychologische onderzoekingen. De eerste onderzoekingen gingen over het waarnemingsvermogen in de nacht en over het effect van voeding op het zien. Een van de eerste onderzoekers was gepromoveerd op het zien bij lage lichtniveaus. Het onderzoeksterrein verbreedde zich echter spoedig naar vraagstukken van de mens met zijn technische omgeving (de ergonomie). Het personeelsbestand nam toe tot circa 200 medewerkers in de jaren tachtig.¹⁵ Dergelijk onderzoek was in Nederland vrij uniek. Slechts enkele instituten, bijvoorbeeld het door Philips en de Technische Universiteit Eindhoven in 1957 opgerichte Instituut voor Perceptie Onderzoek, hielden zich daar ook mee bezig.¹⁶ Op de aard van het onderzoek zullen wij in hoofdstuk 17, dat handelt over de interactie tussen mens en techniek, verder ingaan.

Het Medisch-Biologisch Laboratorium TNO hield zich bezig met de bescherming tegen radioactieve, chemische en biologische strijdmiddelen. Ook onderzoek naar de gevolgen van deze strijdmiddelen en de behandeling ervan behoorde tot zijn werkterrein. Het laboratorium werkte nauw samen met het Radiobiologisch Instituut van de Gezondheidsorganisatie TNO. Dit instituut was oorspronkelijk ontstaan uit een afdeling van het Medisch-Biologisch Laboratorium TNO. Het verrichtte onder meer onderzoek naar het gebruik van isotopen voor allerlei toepassingen in de industrie en de geneeskunde. De gevaren van straling, onder andere in verband met kernenergie, stonden eveneens op het onderzoeksprogramma. De samenwerking tussen beide laboratoria leidde tot een onduidelijke positie van het Medisch-Biologisch Laboratorium TNO. Het onderzoek was 'te militair' voor de buitenwereld, maar bij Defensie vond men het vaak niet militair genoeg. Tevens waren er problemen met de financiering. Het laboratorium kwam ter discussie te staan toen de oprichters vertrokken. Het ging uiteindelijk in 1979 over naar de Gezondheidsorganisatie TNO.¹⁷

Het Chemisch Laboratorium TNO richtte zich hoofdzakelijk op de verdediging en bescherming tegen chemische strijdmiddelen.¹⁸ Daarmee zette het een vooroorlogse onderzoekstraditie voort. Nieuw was de komst van een tweede generatie chemische wapens, namelijk de op fosforverbindingen berustende zenuwgassen als tabun, sarin en soman. Zij waren tijdens de Tweede Wereldoorlog door Duitse scheikundigen ontwikkeld en op grote schaal vervaardigd, maar niet in de oorlog ingezet. Door de komst van de zenuwgassen was veel van het bestaande materieel om zich tegen gasaanvallen

te beschermen verouderd. Ook moest er nieuwe analyse- en detectie-apparatuur worden ontwikkeld. Bekendheid zou het laboratorium krijgen door zijn rol bij de totstandkoming van het Chemisch Wapenverdrag in 1992 (zie hoofdstuk 16).

Het Technologisch Laboratorium TNO vervulde vooral een klassieke TNO-functie.¹⁹ Het was het keuringslaboratorium van de krijgsmacht voor explosieven. Het had ook andere testfaciliteiten, bijvoorbeeld voor het statisch afvuren van raketmotoren. Het laboratorium ontwikkelde deels zelf de testmethoden, bijvoorbeeld een methode om de totale kruitvoorraad regelmatig door te meten om zelfontbranding te voorkomen. De methode geldt inmiddels als NAVO-standaard.²⁰ Verder deed het laboratorium aan onderzoek en ontwikkeling. Zo ontwikkelden en toetsten de onderzoekers een computermodel om de temperatuur- en drukverdeling in de schietbuis bij een schot als functie van tijd en plaats te berekenen. Daarmee zouden de erosie, de slijtage en de metaalmoeheid van mitrailleurs en dergelijke bepaald kunnen worden. Een ander voorbeeld: het laboratorium ontwikkelde de stuwstof voor het starten en aandrijven van de motoren van de ARIANE-5 raket. De stuwstof mocht bij verbranding geen agressieve componenten en zo weinig mogelijk vaste deeltjes opleveren, omdat deze de motoren konden beschadigen. Rond 1990 werd het project afgerond.

Tot slot het Fysisch Laboratorium TNO, verreweg het grootste laboratorium.²¹ Het werkgebied lag vooral op fysisch-technologisch gebied, waarbij elektrotechniek en later informatietechnologie een dominerende rol speelden. In de Tweede Wereldoorlog had zich op dit gebied een revolutie afgetekend, die zich na de oorlog doorzette. Radar, sonar, radiocommunicatie, infraroodkijkers, helderheidsversterkers en vele andere apparaten en systemen gingen tot de militaire wereld behoren. Zij waren gebaseerd op kennis uit de atoomfysica, vastestoffysica, akoestiek, elektronica, regeltechniek en andere subdisciplines uit de fysica en de elektrotechniek.

Het Fysisch Laboratorium TNO werd het laboratorium dat zich deze kennis eigen maakte en de apparaten zelf ging bouwen en verder ontwikkelen. Dat was geen gemakkelijke opdracht, omdat veel informatie geheim was en de kennisuitwisseling tussen landen beperkt, zelfs tussen de landen van de NAVO, de Noord-Atlantische Verdragsorganisatie. Het Fysisch Laboratorium TNO (na 1984 het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO) was te betitelen als een ontwikkelingslaboratorium. Een dergelijk laboratorium omvatte indertijd meer dan alleen onderzoeksgroepen. Opmerkelijk was de variëteit aan groepen, afdelingen en werkplaatsen, waaronder een mechanische werkplaats, instrumentenmakerij en elektronische afdeling. De focus lag op een viertal werkgebieden, die steeds weer in de geschiedenis van het laboratorium zijn terug te zien: telecommunicatiesystemen, waarnemingssystemen, operationele research en informatietechnologie (zie hoofdstuk 18).

De Rijksverdedigingsorganisatie TNO had vele karaktertrekken van een industrieel laboratorium. Zij testte materialen en materieel, ontwikkelde daarvoor test- en analysemethoden en verrichtte verkennend onderzoek. Daarnaast - en dat deden de andere TNO-instituten in deze decennia veel minder - ontwikkelde ze nieuwe prototypen en was ze betrokken bij de productie en toepassing ervan. Ook hielp ze de krijgsmacht bij de ingebruikneming van nieuw materieel en nieuwe systemen, en ondersteunde ze operationele taken, bijvoorbeeld met trainingen en operationele research.

Een voorbeeld kan dat nog illustreren. Tijdens de Tweede Wereldoorlog ontwikkelden de Verenigde Staten in het geheim de zogenaamde nabijheidsbuis.²² Dat was een elektronisch ontstekingsmechanisme, gemonteerd op een projectiel, waarmee het projectiel in de nabijheid van het doel tot ontploffing werd gebracht. Het bleek de effectiviteit van munitie aanzienlijk te vergroten als het ging om de bestrijding van

vliegtuigen en later ook van raketten, gronddoelen en andere objecten. Aanvankelijk was de nabijheidsbuis uitgerust met een kleine elektronenbuis, die in de jaren zestig concurrentie kreeg van de transistor en in de jaren zeventig van geïntegreerde schakelingen. Het LEOK en het Technologisch Laboratorium TNO raakten betrokken bij het testen en de evaluatie van verschillende typen nabijheidsbuizen. Vanaf de jaren zestig zouden ze ook zelf, in nauwe samenwerking met de producent Philips USFA (later ondergebracht in Thales Nederland), nabijheidsbuizen gaan ontwikkelen. Diverse generaties buizen werden voor de Koninklijke Marine geproduceerd; een ervan was in staat om raketten die laag boven de zee kwamen aanvliegen, te bestrijden. De complexiteit lag in het onderscheid dat de elektronica moest maken tussen de reflectie van het zeeoppervlak en de raket.

De Koninklijke Marine was vermoedelijk het onderdeel van de krijgsmacht dat de belangrijkste impulsen gaf tot innovatief onderzoek bij de Rijksverdedigingsorganisatie TNO.²³ De Marine had een eigen innovatieprogramma. Zij formuleerde als opdrachtgever voor de bouw van marineschepen de ontwerpogave, de gewenste innovaties en de vereiste technologische kennis.

Een andere belangrijke organisatie die bepalend was voor hoe de Rijksverdedigingsorganisatie TNO haar beleid uitstippelde, was de NAVO.

SAMENWERKING IN NAVO-VERBAND

Tot de Tweede Wereldoorlog was het defensieonderzoek een nationale zaak geweest. Na 1945 gaf Nederland zijn neutrale positie op en trad in 1949 toe tot de NAVO. Het ministerie van Defensie, de krijgsmacht en het defensieonderzoek kregen te maken met zowel nationale kwesties (zoals de politionele acties in Nederlands-Indië) als kwesties in NAVO-verband (met name de dreiging van een gewapend conflict met het Warschaupact). Dat moet tot een cultuuromslag binnen de Nederlandse organisaties en ongetwijfeld tot spanningen hebben geleid. Uit de openbare stukken is dat echter niet te reconstrueren. Vooral de precieze invloed van de NAVO op het Nederlandse defensieonderzoek blijft onduidelijk, maar dat die invloed er geweest is, blijkt wel uit de beschikbare bronnen.

In NAVO-verband was pas in de loop van de jaren zestig sprake van gecoördineerd defensieonderzoek.²⁴ Lange tijd werd hierover voornamelijk gepraat. De lancering van de Russische Spoetnik in 1957 zorgde voor een schok. In het westen zag men de Sovjet-Unie als een volger op technologisch gebied, maar in de ruimtevaarttechnologie leek dit land nu een duidelijke voorsprong te hebben. Kort na de Spoetnik kwam het NATO-Science Committee tot stand. Een eerste bijeenkomst vond begin 1958 plaats. Op papier moest het comité het civiele en militaire onderzoek gaan coördineren, maar daar kwam weinig van terecht, omdat de leden zich vooral op opleidingskwesties en niet op militaire technologie concentreerden. Zo moest het niet, was de conclusie van 'fierce discussions', en in 1967 kwam de NAVO Defense Research Group (DRG) tot stand. Die kreeg als voornaamste taak 'to foster cooperation on research and new technology which could lead to future defence equipment'.

De DRG telde acht panels en twee expertgroepen en rapporteerde rechtstreeks aan de Conference of National Armaments Directors, die de aanschaf van materiaal coördineerde.²⁵ Iedere groep was verantwoordelijk voor het starten van gezamenlijke onderzoeksprojecten door nationale deskundigen, die samenwerkten in Research Study Groups. De activiteiten van deze studiegroepen konden bestaan in gezamenlijke experimenten of studies, het ontwikkelen van proefopstellingen, prototypen of computermodellen, gezamenlijke proeven voor het verwerven van gegevens of

validering van prototypen of het uitwisselen van informatie via workshops en symposia. Na 1990 zou deze structuur ingrijpend veranderen.

Wat hield de samenwerking nu in de praktijk in? Uit afzonderlijke projecten krijgt men de indruk dat niet zozeer de NAVO-initiatieven tot samenwerking leidden, maar vooral de initiatieven van afzonderlijke NAVO-landen. Vroege bilaterale contacten vanuit Nederland waren er met Noorwegen en Groot-Brittannië. Toen een TNO-delegatie ter gelegenheid van de opening van de eerste kernreactor in 1951 een bezoek aan Noorwegen bracht, kwam ze onder de indruk van het onderzoek dat bij het Noorse defensie-researchinstituut werd gedaan. Drie jaar later sloten Nederland en Noorwegen een *Memorandum of Understanding* dat als basis ging dienen voor informatie-uitwisseling en gemeenschappelijk onderzoek op uiteenlopende terreinen, zoals geleide projectielen, radioactieve besmetting, radarcamouflage en sonar. Een zelfde soort regeling kwam in 1958 tot stand met Groot-Brittannië.²⁶ In 1959 kwam er ten slotte een tripartiete samenwerking tussen Noorwegen, Groot-Brittannië en Nederland tot stand. In de jaren tachtig zouden er bilaterale overeenkomsten worden afgesloten met Canada, Duitsland, Zwitserland en Frankrijk.²⁷ Voor de samenwerking met buitenlandse instituten richtte de Rijksverdedigingsorganisatie TNO een researchcomité op met vertegenwoordigers van Defensie en Buitenlandse Zaken.²⁸

Een succesvolle samenwerking kwam eveneens tot stand tussen Nederland en de Verenigde Staten om de effectiviteit van wapensystemen te kunnen bepalen, met onder andere projecten die zich richtten op 'antivergiftigingsstoffen' en 'netvlies-verbrandingen'.²⁹ Een overeenkomst in de tweede helft van de jaren zeventig - de Data Exchange Agreement 1182 - maakte ontsluiting van de zogenaamde Joint Munition Effectiveness Manuals voor TNO mogelijk. Deze handleidingen beschreven hoe de effectiviteit van een bepaald wapen tegen diverse doelen kon worden berekend en hoe een bepaalde tank zich het beste tegen de verschillende wapens kon beschermen. Daarop konden beide landen een gezamenlijke testserie starten. Dit leverde bijvoorbeeld kennis op over het effect van antitankwapens op gepantserde infanterievoertuigen. Het stelde de Rijksverdedigingsorganisatie TNO mede in staat om betrouwbare modellen voor het bepalen van de effectiviteit verder te ontwikkelen en toe te passen in wapenstudies.

Initiatieven van de NAVO zelf om tot samenwerking te komen, hadden als gezegd een beperkt resultaat. Zo trachtte de NAVO in de jaren zeventig tot een gezamenlijk luchtverdedigingsmiddel voor schepen te komen, dat in staat was om snelle en laagvliegende anti-scheepsraketten te bestrijden.³⁰ Raketten die door de eerste verdedigingslinie heen waren gekomen, moesten met de nieuwe technologie onschadelijk worden gemaakt. De NAVO formuleerde de eisen, maar kwam niet tot een gemeenschappelijke ontwikkeling. Nederland ging uiteindelijk zijn eigen, succesvolle weg: de Goalkeeper. De Koninklijke Marine nam het initiatief en ontwikkelde het systeem samen met de Hollandse Signaal Apparaten NV (nu Thales), General Electric en Kruithoorn. TNO ondersteunde het traject vanaf de dreigingsanalyse en de formulering van eisen tot en met de evaluatie van het systeem. De studiefase duurde tot 1984, waarna de industrie met de verdere ontwikkeling en productie begon. De marine installeerde op alle grotere oppervlakte-schepen de Goalkeeper. Wereldwijd werden er meer dan vijftig systemen verkocht.

Eendrachtige samenwerking binnen de NAVO ontbrak eveneens bij de ontwikkeling van een nieuw luchtverdedigingssysteem in de jaren tachtig.³¹ Dit NAVO-initiatief leidde wel tot een samenwerking tussen diverse NAVO-landen. Het ging hier om een systeem dat niet alleen het eigen schip moest verdedigen, maar ook andere schepen

binnen een zekere afstand. Nederland, Canada, Duitsland, Spanje, Groot-Brittannië en de Verenigde Staten werkten samen in het NAVO-programma Anti-Air Warfare System. Twee industriële consortia kregen de opdracht voor een systeemstudie. Het ene consortium kwam met een verbeterde versie van een Amerikaans systeem, het andere bedacht een geheel nieuw concept. De NAVO kwam er niet uit, waarna Nederland het initiatief nam om met Duitsland en Canada het nieuwe concept uit te werken. Onder regie van Thales en met een grote inbreng van TNO vond de ontwikkeling en de productie plaats. Na 2000 zou een nieuwe generatie luchtverdedigings- en commandofregatten met het nieuwe systeem worden gebouwd.

Samenwerking in NAVO-verband mocht dan problematisch zijn, Nederland kreeg in 1955 wel een vooraanstaand onderzoeksinstituut op zijn grondgebied, het Air Defense Technical Center, een instituut van het centrale commandocentrum van de NAVO in Brussel (nu: NATO Consultation, Command and Control C3A). Het betrok een gebouw naast het Fysisch Laboratorium TNO en telde een aantal medewerkers van dit labo-ratorium. Het instituut deed onderzoek naar luchtverdediging in verband met de aan-schaf van apparatuur en naar de afstemming van militaire systemen.³² De uitwisseling van informatie tussen systemen diende accuraat te gebeuren om fatale fouten, zoals het schieten op coalitietroepen, te voorkomen. Interoperabiliteit, zoals dat in het militaire jargon heet, is tot op de dag van vandaag een belangrijk thema bij de onder-steuning van *Command and Control*.

De invloed van de NAVO op het defensieonderzoek in de aangesloten landen was lange tijd vermoedelijk beperkt. Nederland zocht naar zijn eigen positie in het bondgenootschap en had daarbij te maken met de randvoorwaarden in eigen land. In tegenstelling tot landen als de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Frankrijk had Nederland een aanzienlijk kleinere krijgsmacht. Ook ontbrak het Nederland aan een grote wapen-industrie. Tevens lagen de budgetten voor defensieonderzoek in Nederland absoluut en relatief lager: in 1955 werd 0,75% van de defensiebegroting aan onderzoek besteed. Volgens de beschikbare cijfers lag dat percentage in de Verenigde Staten op 3,5% en in Groot-Brittannië op bijna 10% (voor beide geldt: zonder het onderzoek naar atoomenergie).³³

Het defensieonderzoek richtte zich dan ook op enkele kerntaken, met name op de ondersteuning van de krijgsmacht bij de aanschaf van materieel (het opstellen van specificaties, het testen, het evalueren, het aanpassen, de implementatie) en bij operationele taken (training, logistiek, communicatie, etc.). Overigens betekende dit niet dat de Rijksverdedigingsorganisatie TNO overwegend routinematig onderzoek deed. Integendeel, veel onderzoek stond in het teken van kennisontwikkeling. De opkomst van nieuwe wapentechnologie en -systemen vereiste dat ook. Zo had Nederland op het gebied van de analyse van biologische en chemische strijdmiddelen een internationale reputatie en was het daarom intensief betrokken bij de internationale verdragen rond deze problematiek (zie hoofdstuk 16).

Nederland leverde een beperkte bijdrage aan de strategische bewapening en grote wapensystemen.³⁴ De bijdrage had vooral betrekking op systemen voor de Koninklijke Marine, die voortdurend bezig was met de modernisering en de bouw (deels in eigen beheer) van haar vloot. De Goalkeeper en radar waren daarvan goede voorbeelden. TNO werkte in deze gevallen nauw samen met de Nederlandse industrie.

SAMENWERKING MET ANDERE ORGANISATIES

Het belangrijkste industriële samenwerkingsverband van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO was die met Hollandse Signaal Apparatenfabriek in Hengelo. Dat verband startte direct na de Tweede Wereldoorlog. Daarbij waren ook Philips en de Nederlandse Seintoestellen Fabriek (later overgenomen door Philips en voortgezet onder de naam Philips Telecommunicatie Industrie) betrokken. Besprekingen over een fonds om radaronderzoek voor de Nederlandse marine en luchtmacht te starten strandden, maar er kwam wel een Radarcommissie tot stand. Hiermee startte een succesvolle onderzoekstraditie in Nederland naar radar.

Daarnaast werkte de Rijksverdedigingsorganisatie TNO nog met andere bedrijven samen, maar op veel minder intensieve wijze. Zo ontwikkelde het Chemisch Laboratorium gasmaskers samen met de Duitse firma Draeger. Het Technisch Laboratorium had contacten met enkele Nederlandse fabrikanten van munitie als Eurometaal te Zaandam, de Kruithoorn te Den Bosch en Muiden Chemie. DAF-Eindhoven was onder meer betrokken bij de ontwikkeling van speciale opleggers voor radarapparatuur. Philips USFA in Helmond en Oude Delft te Delft ontwikkelden optische en infraroodapparatuur en nachtkijkers samen met het Fysisch Laboratorium TNO.³⁵ De werven Van der Giessen-De Noord, De Schelde en RDM werkten samen met verschillende afdelingen van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO.

Defensieonderzoek kende ook de nodige *spin-off* en kon leiden tot contractonderzoek voor de civiele sector. Van alle laboratoria was het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO (later Technische Menskunde - TM) het meest betrokken bij opdrachten voor niet-militair onderzoek. Tussen 1968 en 1988 ging het om een kwart van de omzet. In de jaren negentig kon dit percentage zelfs oplopen tot bijna 40%. Onderzoek naar akoestische kwaliteiten van gemeenschapsruimten en concertzalen, bijvoorbeeld, was een *spin-off* van het audiologisch onderzoek naar de spraakverstaanbaarheid van communicatieverbindingen. Eveneens goed bruikbaar voor civiele doeleinden waren de resultaten van het ergonomisch onderzoek, en dat gold ook voor onderzoek naar verkeersveiligheid. Het Instituut werkte daarbij samen met de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid en het Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO. Vrijwel alle verkeersborden en wegmarkeringen langs de Nederlandse wegen zijn ontworpen met medewerking van Technische Menskunde.

Het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO deed het minste onderzoek voor civiele opdrachtgevers.³⁶ Het civiele werk bij de Rijksverdedigingsorganisatie TNO kwam tot ver in de jaren negentig altijd op de tweede plaats; het onderzoek voor defensiedoeleinden kreeg in alle opzichten de voorrang.

De Rijksverdedigingsorganisatie TNO was nog op een andere wijze dan door contract-research bij civiel onderzoek betrokken. Zij ontving subsidies van de overheid en andere organisaties en werd ingeschakeld door de Centrale Organisatie TNO en de Nijverheidsorganisatie TNO. Het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO was onder andere betrokken bij onderzoek naar radar voor civiele doeleinden (remote sensing), ver-infrarood (detectie warmtestraling) en helderheidsversterkers. De resultaten werden gebruikt bij het vervaardigen van landkaarten en het opsporen van ziekten in landbouwgewassen, bossen en plantsoenen. Het Medisch-Biologisch Laboratorium TNO was betrokken bij het meten van radioactiviteit in de lucht naar aanleiding van de bovengrondse kernproeven door diverse kernwapenlanden. Later werd dit onderzoek overgedragen aan het KNMI. Het Technologisch Laboratorium TNO deed civiel onderzoek naar industriële luchtverontreiniging, meer in het bijzonder de verontreiniging

door fluor, koolwaterstoffen en roet. Het laboratorium werkte mee aan de start van het Landelijk Meetnet Luchtverontreiniging in 1973.

Explosieveiligheid was ook zo'n thema dat verder reikte dan de Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Het Technologisch Laboratorium TNO bezat veel expertise van zogeheten stofexplosies. Deze kwamen voor in opslagplaatsen van meel en grondstoffen voor de mengvoederindustrie. Ook de opslag van kunstmest kende de nodige risico's. In 1970 stelde TNO de Commissie Explosieveiligheid TNO in, waarbij de Nijverheidsorganisatie TNO en de Voedingsorganisatie TNO, met name het Instituut voor Graan, Meel en Brood, betrokken waren. Om het onderzoek te financieren, kreeg de commissie enkele malen subsidies uit verschillende civiele bronnen. Vier jaar later breidde ze haar onderzoek uit naar de gevaren van de opslag en het transport van grote hoeveelheden brandbare vloeistoffen en 'vloeibare' gassen. De naam van de commissie werd veranderd in Commissie Risico-Analyse TNO. Bij het onderzoek werd eveneens het Chemisch Laboratorium TNO ingeschakeld.³⁷ Industriële veiligheid werd in de loop van de jaren zeventig een hoofdthema binnen TNO, met een belangrijke rol voor deskundigen uit het defensieonderzoek. De coördinatie van het werk was in handen van het Dwarsverband Industriële Veiligheid. De door TNO ontwikkelde veiligheidshandboeken verwierven internationale bekendheid. De organisatie raakte daardoor betrokken bij grote rampen, zoals in het Indiase Bhopal en Mexico-Stad, beide in 1984.

Van meet af aan waren er andere TNO-instituten betrokken bij het defensieonderzoek.³⁸ Zo deed de Technisch Fysische Dienst TNO onderzoek op het terrein van optiek (bijvoorbeeld naar de ontwikkeling van horizoncamera's, groothoekscanners en meetapparatuur van infraroodkijkers) en geluid (bijvoorbeeld naar het geruis van scheepsschroeven, dat schepen kwetsbaar maakte voor mijnen en onderzeeboten).³⁹ Samen met het Metaal instituut TNO voerde de Rijksverdedigingsorganisatie TNO onderzoek voor de marine uit naar de betrouwbaarheid van lasverbindingen en het toepassen van bepaalde staalsoorten. Met het Verfinstituut TNO werd samengewerkt bij onderzoek naar conserverende en aangroeiwerende coatings voor marineschepen. Ook verf voor camouflagedoeleinden maakte deel uit van het onderzoek. Het Kunststoffen- en Rubberinstituut TNO was betrokken bij de ontwikkeling van radarabsorberende en geluidsisolerende materialen en bepantsering met kunststofmaterialen. Het ontwerp van kunststofgeschutskoepels voor onderzeeboten werd eveneens onderzocht. Het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO deed onder meer onderzoek naar de kwaliteit van nood- en gevechtsrantsoenen. Vanaf de jaren tachtig onderzocht het instituut het verband tussen voeding en de lichamelijke conditie van militairen.

Vanaf 1980 verliep de samenwerking met een aantal TNO-instituten via het zogeheten Elders Verricht Onderzoek. Hiermee was ongeveer 15% van het totale budget van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO gemoeid.⁴⁰

HET DEFENSIEONDERZOEK TER DISCUSSIE

Defensieonderzoek was in Nederland bij tijd en wijle een omstrede zaak. Direct na de Tweede Wereldoorlog was daar nog geen sprake van. In de jaren vijftig en de eerste helft van de jaren zestig kon de Rijksverdedigingsorganisatie TNO zonder maatschappelijk debat doorwerken en haar activiteiten sterk uitbreiden. De Koude Oorlog en de breed gevoelde dreiging van het communisme rechtvaardigden de inspanningen. Kritiek was er wel op de wapentechnologie, maar die richtte zich op de atoombewapening en de internationale spanningen. Deze kritiek kwam vooral uit wetenschappelijke kringen; de internationale Pugwashbeweging, begin jaren vijftig opgericht, speelde daarbij een belangrijke rol. Deze beweging trachtte wetenschappers en publieke figuren bijeen te

brengen om gezamenlijke oplossingen te zoeken voor velerlei mondiale problemen, waaronder de gevaren van gewapend conflict. In Nederland was het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers (VWO) vanaf 1946 actief met ongeveer een zelfde kritische agenda.

Aan het einde van de jaren zestig verbreedde de kritiek zich. Belangrijkste woordvoerder was de radicalere Bond voor Wetenschappelijke Arbeiders (BWA).⁴¹ Enkele artikelen bekritiseerden de benoeming van een medewerker van het Medisch-Biologisch Laboratorium TNO in een VN-commissie die zich bezig hield met de gevaren van chemische en biologische wapens. Ondanks het positieve karakter van de opdracht vond men dat 'wetenschappelijke werkers' helemaal niet mochten meewerken aan dit soort zaken. Het werken voor de Rijksverdedigingsorganisatie TNO, zo meldde het *Jaarverslag* over 1969, vond in het algemeen 'openlijke afkeuring, waarbij ook een duidelijk wantrouwen ten aanzien van haar defensief karakter aan de dag trad'.

De organisatie kroop niet in haar schulp, maar trachtte de beschuldigingen zo goed mogelijk te weerleggen. Medewerkers namen deel aan televisie- en radioprogramma's en namen zitting in tal van universitaire forums over de maatschappelijke verantwoordelijkheid van natuurwetenschappers en over de vraag in hoeverre men bij defensieonderzoek onderscheid kon maken tussen offensieve en defensieve wapens. Zij maakten melding van hun onderzoek ten behoeve van ontwapening en ontspanning en van de *spin-off* voor bedrijfsleven, overheid en maatschappelijke instellingen. Dat alles had maar matig succes. In het *Jaarverslag* over 1970 werd gemeld dat het wetenschappelijk onderzoek ten behoeve van defensie in de publieke opinie 'veel niet-gerechtigd en zelfs krenkende kritiek ondervindt'. Dit vormde een zware belasting voor het personeel, dat bovendien te maken had met bezuinigingen. Op die manier kostte het moeite een 'atmosfeer (te handhaven) waarin met overtuiging en enthousiasme aan de gestelde taken kan worden gewerkt'.

Na 1972 luwde de maatschappelijke kritiek op het defensieonderzoek. In 1980 besteedde *Wetenschap en Samenleving*, het tijdschrift van het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers en de Bond voor Wetenschappelijke Arbeiders, een speciaal nummer aan defensieonderzoek en in het bijzonder de rol van fysici daarin. Naast meer algemene artikelen werd ook geprobeerd de situatie in Nederland en de rol van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO in kaart te brengen. De kennis van de organisatie was niet groot of actueel. Veel verder dan enkele opsommingen van bedrijven en instellingen die zich met militair onderzoek bezig hielden, kwam men niet. In het nummer werden wel wat cijfers over de bijdrage van fysici aan defensieonderzoek genoemd. In 1972 waren daar in Nederland 122 fysici bij betrokken, dat was ongeveer 6% van alle researchfysici en circa 3% van alle 4000 werkzame fysici. Van deze 122 onderzoekers werkten er 54 bij de Rijksverdedigingsorganisatie TNO.⁴²

Mede aan de hand van deze gegevens kwam het bestuur van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging (NNV) met twaalf aanbevelingen. De eerste luidde dat het te bevorderen was 'dat natuurkunde en natuurkundigen niet gebruikt worden voor de ontwikkeling van steeds geavanceerder wapensystemen, maar voor vrede en ontwikkeling'. De andere aanbevelingen hadden een zelfde teneur.⁴³

Aan het begin van de jaren negentig was er nogmaals sprake van kritiek op defensieonderzoek. Ditmaal ging het om vermeend dierproevenonderzoek door het Prins Maurits Laboratorium. In 1993 bezette een vredesgroep - mogelijk Onkruid - in samenwerking met een dierenrechtenorganisatie enkele gebouwen. Zij beschuldigden het daar gevestigde Centraal Proefdieren Centrum van onderzoek naar vergiftigingsverschijnselen met het chemisch strijdmiddel Soman.

Kritiek op het defensieonderzoek in Nederland had nooit dezelfde reikwijdte als die in verscheidene andere landen, bijvoorbeeld de Verenigde Staten. Dat kwam met name door de omvang en de aard van het defensieonderzoek in Nederland; dat was aanzienlijk geringer, er was geen onderzoek naar kernbewapening en het was minder gericht op de ontwikkeling van wapensystemen. Ook het ontbreken van een militair-industrieel complex droeg hieraan bij. Er was wel sprake van samenwerking tussen defensie, bedrijfsleven en kennisinstellingen, bijvoorbeeld tussen de Koninklijke Marine, werven zoals De Schelde en het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation of tussen de Koninklijke Marine, de Rijksverdedigingsorganisatie TNO en Hollandse Signaal Apparaten NV (nu Thales). Een dergelijke samenwerking had niet een zodanige schaalgrootte dat dit 'complex' een factor van betekenis was voor de economie en de kennisinfrastructuur van Nederland.

DE TNO-WET VAN 1985

In de jaren zeventig en tachtig stond TNO als organisatie onder zware druk. Het collectieve onderzoek en de regierol van TNO waren volgens de politiek en beleidsmakers niet meer van deze tijd. TNO moest zich omvormen tot een organisatie voor contract-research (zie hoofdstuk 4). De Rijksverdedigingsorganisatie TNO merkte echter weinig van deze perikelen en dat was ook niet zo verwonderlijk. De discussie was niet van toepassing op deze organisatie omdat zij een andere status had binnen TNO. Zij was het 'huislaboratorium' van de krijgsmacht en het ministerie van Defensie.

In de nieuwe TNO-wet van 1985 werd dat nogmaals bevestigd.⁴⁴ Het defensieonderzoek had een eigen raad, die het beleid bepaalde en de onderzoeksinstituten instelde. De minister van Defensie benoemde de voorzitter en de leden van de raad. De voorzitter maakte tevens deel uit van de Raad van Bestuur van TNO.

De Rijksverdedigingsorganisatie TNO was inmiddels - net als de andere Bijzondere Organisaties van TNO - bij een reorganisatie in 1980 opgeheven en heette sindsdien de Hoofdgroep voor Defensieonderzoek, later aangeduid als TNO Defensieonderzoek. Die naamsverandering had geen consequenties voor de praktijk van het onderzoek.

Een decennium later zou zich echter wel een ommekeer voltrekken. De oorzaak: de val van de Berlijnse Muur in 1989.

Hans Schippers en Harry Lintsen

15. NAAR INTEGRALE VEILIGHEID (1990-2012)

Twee belangrijke data, 9 november 1989 en 11 september 2001, staan symbool voor een omwenteling bij defensie. Op 9 november 1989 viel de Berlijnse Muur en begon de desintegratie van het Warschaupact. Het ene na het andere lid verliet het bondgenootschap. Twee jaar later werd het Warschaupact formeel opgeheven. Ook de Sovjet-Unie viel uit elkaar. Enkele republieken, zoals Kazachstan en de Baltische staten, verklaarden zich autonoom en Rusland bleef ontredderd achter. De NAVO en haar bondgenoten waren in korte tijd hun vijand kwijt. Het *Jaarverslag* van TNO over 1992 omschreef de nieuwe situatie als volgt: 'De ontmanteling van het Warschaupact en het uiteenvallen van de Sovjetunie hebben het stabiele wereldbeeld van voor 1989 op losse schroeven gezet. De dreiging van een grootschalige oorlog tussen de twee supermachten is drastisch afgenomen. Daarvoor in de plaats zien we een meer diffuse en moeilijk voorspelbare internationale veiligheidssituatie, met als brandhaarden de conflicten van talloze regionale opponenten.'

Op 11 september 2001 boorden twee gekaapte vliegtuigen zich in de *Twin Towers* van het World Trade Centrum in New York. Een derde vliegtuig vloog tegen het Pentagon en een vierde stortte neer op weg naar Washington. De islamitische terreurorganisatie Al-Qaeda eiste de verantwoordelijkheid op. De gevolgen van deze gebeurtenis werden in het strategieplan van TNO uit 2010 als volgt verwoord: 'De aanslagen ... in de VS en vervolgens in Madrid (2004) en Londen (2005) vormden een katalysator voor het denken over terroristische bedreigingen van de nationale veiligheid ... Door toenemende afhankelijkheden van onze vitale infrastructuur en maatschappelijke systemen kunnen zelfs relatief kleine incidenten leiden tot grote maatschappelijke ontwrichting.'

De omwenteling bij Defensie voltrok zich in twee fasen. In de eerste fase ging het om een herpositionering van de NAVO en van het Nederlandse lidmaatschap ervan. In de tweede fase ging het tevens om de nationale veiligheid. Het Nederlandse grondgebied, ooit centraal in de strategie van de krijgsmacht, keerde weer terug in het denken over veiligheid. In de naamsverandering van het defensieonderzoek bij TNO komen deze veranderingen goed tot uitdrukking. In de jaren negentig heette het nog TNO Defensieonderzoek, in 2005 TNO Defensie en Veiligheid en vanaf 2011 gaat het om het hoofdthema 'Integrale Veiligheid'.

'EEN ANDERE WERELD, EEN ANDERE DEFENSIE'

De nieuwe, internationale verhoudingen en de gevolgen voor het defensieonderzoek werden geleidelijk duidelijk. In de door het ministerie van Defensie uitgebrachte *Nota Herstructurering en Verkleining*, van begin 1991, en vooral de prioriteitennota *Een andere wereld, een andere defensie* uit 1993 werd een beeld geschetst van de krijgsmacht na het verdwijnen van het Warschaupact. Dat klonk door in de *Jaarverslagen van TNO Defensieonderzoek*: '... In deze nieuwe context wil de Nederlandse regering een substantiële en geloofwaardige defensie-inspanning blijven leveren in internationaal verband: binnen de NAVO, de Verenigde Naties, de West-Europese Unie en de CVSE. Voorrang wordt daarbij gegeven aan vrede-bewarende en vrede-afdwingende operaties, primair binnen het CVSE-gebied maar ook daarbuiten.'⁴⁵ [CVSE, vanaf 1995 OVSE, de Organisatie voor Veiligheid en Samenwerking in Europa, waarvan momenteel 56 staten lid zijn - de auteurs.]

Het uitgangspunt was niet alleen theoretisch. Na 1990 werd deelname aan internationale VN-vredesmissies een belangrijk aspect van het defensiebeleid. Aanvankelijk ging het om beperkte taken in Irak (1991) en Cambodja (1992). Deelname aan een VN-vredesmissie in Joegoslavië eindigde in 1995 in het drama van Srebrenica. Hierna volgden er nog enkele wat beperkter missies in opnieuw Bosnië en onder andere Kosovo, Cyprus en Macedonië. In 2003 namen Nederlandse militairen deel aan een missie in

Irak na de Amerikaans-Britse invasie en waren zij betrokken bij de stabilisatie van de provincie Al Muthanna. Een omvangrijke operatie was de opbouw- en beveiligings-missie in de Afghaanse provincie Uruzgan, op verzoek van de NAVO, waar tussen 2006 en 2010 ruim 1200 Nederlandse militairen gelegerd waren. Naast dergelijke missies ondersteunde Nederland de bestrijding van het internationale terrorisme, onder meer door vliegtuigen en schepen ter beschikking te stellen voor patrouilleactiviteiten tegen piraterij, bijvoorbeeld rond het Arabisch Schiereiland.

Het defensieonderzoek moest dus gaan bijdragen aan wat heette 'een nieuwe krijgsmacht'. Deze zou een grotere mobiliteit, flexibiliteit en inzetbaarheid moeten hebben onder uiteenlopende omstandigheden en in diverse geografische gebieden. Er kwamen ook nieuwe randvoorwaarden. De krijgsmacht zou een beperkter budget krijgen en kleiner worden. In 1997 werd de dienstplicht afgeschaft (juister geformuleerd: de opkomstplicht opgeschort) en een beroepsleger opgebouwd. Daarnaast moest het defensieonderzoek een bijdrage leveren aan de technologische ontwikkelingen in Nederland, aan de Nederlandse industrie en aan internationale, technologische samenwerkingsprojecten. Wat voor gevolgen hadden deze veranderde realiteit en opvattingen voor het onderzoek bij TNO?

De verschuivingen in het defensieonderzoek waren in de eerste fase vooral op projectniveau te zien. Zo was de uitrusting van de soldaat met name afgestemd geweest op het optreden op de Noord-Duitse laagvlakte, waar Nederland in NAVO-verband altijd een strategische rol had vervuld. Voor internationale missies moesten er nu op korte termijn jungle- en woestijn-uitrustingen worden aangeschaft.⁴⁶ Soldaten gingen scherfwerende helmen dragen en kogelwerende vesten met harde platen. TNO onderzocht de beschermende werking, pleitte voor het ontwerpen van zo comfortabel mogelijk zittende kleding en hamerde op het juiste gebruik van de beschermende uitrusting. Na de Eerste Golfoorlog zetten de Verenigde Staten in op de zogenaamde *Soldier Modernization*. De soldaat werd flexibeler inzetbaar en daarvoor uitgerust met betere communicatiemiddelen, meer gezichtsvermogen en meer vechtend vermogen. TNO ondersteunde dit proces, maar waarschuwde tegelijkertijd voor een te hoge draaglast, waardoor de mobiliteit en beweeglijkheid in het gedrang konden komen. De organisatie ontwierp een draagsysteem dat flexibel is en de schouders ontlast.

Communicatiesystemen veranderden in de nieuwe context eveneens van karakter.⁴⁷ Er moest nu gecommuniceerd kunnen worden in onbekende en uitgestrekte operatiegebieden. TNO werkte mee aan het ontwerp van een nieuw systeem, dat in snel tempo in commandoposten kan worden uitgerold en verbindingen tot stand kan brengen via straalzenders, satellieten en glasvezel. De organisatie was vooral verantwoordelijk voor de ontwikkeling van deelsystemen.

Ook gevechtssimulaties moesten worden aangepast. De modellen kregen meer aandacht voor kleinere aantallen militairen en voor scenario's die zich afspeelden op lagere organisatieniveaus. De Verenigde Staten ontwikkelden met assistentie van TNO het *Infantry Warrior Simulation-model*, een model dat vredesmissies en operaties in verstedelijkt gebied kan simuleren.⁴⁸

De veranderde realiteit beïnvloedde ook het onderzoek naar wapensystemen bij TNO. Actieve bescherming tegen ballistische raketten was sinds de Tweede Wereldoorlog een onderwerp van discussie. In 1972 tekenden de Verenigde Staten en de Sovjet-Unie een verdrag dat het aantal strategische aanvals- en verdedigingswapens beperkte. De aandacht was vooral gericht op de langeafstandswapens. In 2002 zegden de Verenigde Staten het verdrag echter weer op. Er was een nieuwe dreiging ontstaan. 'Schurkenstaten' kochten betaalbare korte- en middenlangeafstandsraketten zoals de

Scud en konden deze ook daadwerkelijk inzetten. Nieuwe luchtverdedigings-systemen waren nodig. Het defensieonderzoek van TNO ondersteunde en ondersteunt in NAVO-verband de ontwikkeling ervan in de vorm van dreigingsanalyses, operationele analyses, deelname aan oefeningen, nieuwe sensoren en dergelijke.⁴⁹

KWETSBAAR NEDERLAND

Naast de internationale veiligheid gaat het tevens om de nationale veiligheid. Deze heeft in het afgelopen decennium een nieuwe dimensie erbij gekregen: de zorg voor maatschappelijke ontwrichting door terroristische aanslagen en rampen. Aanslagen in het buitenland hebben de kwetsbaarheid van mensen, instituties en infrastructuren blootgelegd en de veiligheid weer tot een nationale zaak gemaakt. Daarnaast hebben calamiteiten als de vuurwerkcramp in Enschede (13 mei 2000) ertoe bijgedragen dat het creëren van veiligheid zich ontwikkelt van een verzameling ad-hoc-reacties op incidenten tot een nationaal complex van maatregelen en organisaties.⁵⁰ De instelling van de Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding (NCTb), de politieke aanvaarding van de Nationale Veiligheidsstrategie en het Project Nationale Veiligheid hebben de problematiek geïnstitutionaliseerd. Er zijn veiligheidsregio's gevormd; daarbinnen moeten besturen en diensten als de brandweer, politie en de Geneeskundige Hulpverlening bij Ongevallen en Rampen samenwerken. Defensie is hierbij een vaste partner en kan militairen inzetten voor bewaking en beveiliging of een NBC-eenheid (Nucleair, Biologisch, Chemisch) beschikbaar stellen in crisissituaties.

De problematiek van de nationale veiligheid heeft vele raakvlakken met expertises van TNO. TNO heeft dan ook de ambitie om daarin een centrale rol te spelen.⁵¹ Het gaat om een breed spectrum van thema's: van een 'veilige' inrichting van maatschappelijke infrastructuur tot cameratoezicht op straat.⁵² Cameratoezicht is zo'n terrein waarop TNO van oudsher veel kennis heeft. De eerste, civiele opdrachten kwamen aan het einde van de twintigste eeuw van gemeenten, Schiphol en de Nederlandse Spoorwegen. Veel van de kennis over camera's is ontwikkeld in een militaire context. De vertaling naar de hedendaagse problematiek is een apart traject. Wij geven daarvan een korte schets.

CAMERATOEZICHT

De ervaring bij TNO met camera's is onder andere gebaseerd op haar vroegere onderzoek naar infraroodapparatuur, fotocamera's in vliegtuigen en dergelijke. Maar cameratoezicht is veel meer dan technische kennis. Het gaat ook om de inrichting van observatieruimten, de plaatsing van camera's, de analyse van verdacht gedrag, de interpretatie van groepsgedrag, de bescherming van gegevens in verband met privacy en dergelijke. Hierbij kan TNO terugvallen op kennis die zij eerder ontwikkelde bij het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO en zijn opvolger, TNO Technische Menskunde.

Na de eerste opdrachten voor cameratoezicht in de openbare ruimte werd een stappenplan opgesteld om de beschikbare kennis te kunnen toepassen voor deze nieuwe taak. De eerste stap was de verbetering van het camerabeeld. De beelden moesten scherper worden om personen, voorwerpen en voertuigen beter te kunnen herkennen. De tweede stap betrof de analyse van de beelden. Dit vereiste het programmeren van de camera's om bepaalde zaken en gedragingen te selecteren. Wanneer personen bijvoorbeeld naar rechts liepen, werd dit aangegeven. Later volgden gecompliceerdere bewegingen. Hiervoor was (en is nog steeds) veel onderzoek nodig. Een derde stap was de signalering. De camera moet bij bepaalde gedragingen en objecten signalen afgeven aan de observator.⁵³

Deze observator speelt een cruciale rol. Hij moet bepaalde zaken, zoals afwijkend

gedrag, signaleren. De camera kan hem bij deze taak ondersteunen door bij weinig gebruikelijk gedrag of bij gedrag dat gekoppeld kan worden aan criminaliteit of bedreiging, een visueel of auditief signaal af te geven. De observator moet het gesignaleerde gedrag vervolgens interpreteren. Dit laatste is iets wat mensen goed kunnen, maar het is de bedoeling dat een deel van die kunde door het invoeren van algoritmen wordt overgedragen aan de software van de camera. Hierbij moet als het ware een taakverdeling ontstaan tussen mens en computer. Mensen kunnen zich dan concentreren op kleinere details, terwijl de computer een goed overzicht geeft en patronen herkent.

Er bestaat inmiddels een lijst met circa 196 gedragingen die de aandacht van de observator verdienen. Dat kan uiteenlopen van zenuwachtig rondlopen tot een verhoogde temperatuur van de persoon. Dit laatste kunnen bepaalde typen geavanceerde camera's ook meten. TNO ontwikkelt momenteel een geprogrammeerde camera die via beeldanalyse 48 handelingen herkent. Voorbeelden hiervan zijn zaken als het gooien van voorwerpen, hardlopen, slaan, schoppen en dergelijke. Neemt de camera dergelijke bewegingen waar, dan geeft hij een signaal af. Ditzelfde is ook mogelijk bij bepaalde geluiden, zoals geschreeuw of gegil. Het is zelfs mogelijk deze geluiden voor signalering te combineren met snelle gebaren of afwijkend gedrag.⁵⁴

Met de intelligente camera's is zeker de nodige vooruitgang geboekt. Maar uit onderzoek in opdracht van de Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding blijkt dat het tot nu toe niet gelukt is om met die camera's meer dan 6% van het als zodanig gedefinieerde afwijkende gedrag te herkennen. De onderzoekers hopen dat dit in de nabije toekomst zal oplopen tot ongeveer 25%. Een groot deel van de verdachte gedragingen zal echter nooit door camera's te herkennen zijn, zo is de verwachting.⁵⁵

TNO werkt bij het onderzoek naar de intelligente camera's nauw samen met onderzoeksinstituten en -financiers, zoals het Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) in de Verenigde Staten. Dit laatste instituut stelt ook beurzen ter beschikking aan Nederlandse onderzoekers. Voor een groot onderzoek, waaraan naast TNO ook instanties als de politie deelnemen, is het Centraal Station in Amsterdam als locatie gekozen. De onderzoekers richten zich in de eerste plaats op afwijkende looppatronen.

Om met cameratoezicht een zo groot mogelijke veiligheid te bereiken, is een samenwerking met verschillende partijen noodzakelijk. Hierbij gaat het in de eerste plaats om de beveiligingsindustrie, dat wil zeggen de producenten van beveiligingssystemen, leveranciers van observatieruimten, ontwikkelaars van videocontent en andere betrokkenen. Essentieel zijn de beveiligers die moeten leren 'samen te werken' met de camera's. Een goede opleiding van deze werknemers is daarvoor een eerste vereiste.

Cameratoezicht roept nogal eens de vraag op naar zijn effectiviteit. In hoeverre dragen camera's bij aan de veiligheid van de openbare ruimten? Die vraag kan alleen worden beantwoord in samenhang met het gehele beveiligingssysteem.

Cameratoezicht werpt ook geheel andere vragen op. De relatie tot privacy is een kwestie die de politiek en de media met een zekere regelmaat bezighoudt, of het gebruik van camera's bij demonstraties en protestacties. Dat geldt ook voor de mogelijkheid van misbruik door totalitaire regimes. Dergelijke thema's staan bij TNO eveneens op de agenda.

VERANDERENDE RELATIE MET DEFENSIE

Defensie gaat de middelen voor langetermijnonderzoek bij TNO (de zogenaamde vraaggestuurde programmafinanciering) terugbrengen van 51 miljoen euro in 2009 naar 33 miljoen euro in 2013. Dat betekent een forse ingreep in de omvang van personeel en

onderzoek. Tegelijkertijd wil Defensie haar relatie met TNO veranderen. TNO zal niet langer meer het 'huislaboratorium' voor Defensie zijn. De nieuwe relatie krijgt drie vormen.⁵⁶

Allereerst zal TNO op enkele unieke terreinen een strategische partner blijven. Voor Defensie is de kennis op die gebieden essentieel en ze kan hiervoor niet elders terecht. De investeringen van Defensie in TNO-onderzoek zijn noodzakelijk om die kennis in stand te houden en verder te ontwikkelen. Voor deze gebieden blijft TNO het klassieke 'huislaboratorium'. Het gaat met name om 'harde' technologie zoals vuurleidingssystemen, wapens en munitie. Op de tweede plaats zijn er gebieden die te karakteriseren zijn als *dual-use*. Zowel Defensie als civiele partijen kunnen van het onderzoek profijt hebben en zijn bereid daarin te investeren. Defensie zal echter niet meer de drager van het onderzoeksgebied zijn. Het gaat hier onder andere om de bescherming van mensen en platformen, menselijk presteren, opleiding en simulatie. Op de derde plaats zal Defensie de onderzoeksprogramma's op enkele gebieden stopzetten, zelf in huis halen of op de markt uitzetten, zodat ook andere kennisinstellingen kunnen meedingen. Voorbeelden zijn in dit geval de operationele logistiek, beleidsanalyse en strategische toekomstverkenningen.

NAAR INTEGRALE VEILIGHEID

TNO ziet in de komende jaren haar rol voor Defensie vooral als adviseur bij de aanschaf, het gebruik en het onderhoud van materieel.⁵⁷ Zij vervult daarmee weer in belangrijke mate de klassieke functie van het testlaboratorium. Het gaat om het opstellen van de juiste specificaties en het beoordelen van het marktaanbod en het eigen materieel van Defensie. Onderzoek en ontwikkeling voor Defensie zullen afnemen, behalve voor de unieke, strategische gebieden. Ook de rol van TNO voor Defensie als ontwikkelaar van modellen voor complexe systemen en processen - bijvoorbeeld het opereren in coalitieverband of het aanschaffen van geavanceerd materieel - wordt minder van belang.

TNO zal echter haar expertise op diverse gebieden in stand houden. Zij verwacht die elders te kunnen inzetten, onder andere in de defensiegerelateerde industrie. Maar er hebben zich ook hele nieuwe partijen aangemeld, met name de ministeries van Binnenlandse Zaken en Justitie en veiligheidsorganisaties. TNO is voor hen inmiddels kennispartner geworden op het gebied van terrorismebestrijding, crisisbeheersing en rampenbestrijding.

Dit proces is zich al een tweetal decennia aan het voltrekken. Vóór 1990 ging het nog om een budget voor defensieonderzoek, waarvan 90% of meer afkomstig was van het ministerie van Defensie en de krijgsmacht. Tegenwoordig gaat het om een budget voor integrale veiligheid, waarvan Defensie en de krijgsmacht nog hooguit 70% financieren.

Hans Schippers en Harry Lintsen

16. BESCHERMING TEGEN CHEMISCHE OORLOGVOERING

Laat in de middag van donderdag 22 april 1915 draaiden Duitse militairen bij het Belgische Ieper de kranen open van bijna 6000 cilinders met chloorgas. Over de velden langs het riviertje de IJzer zag een Britse soldaat en ooggetuige-op-enige-afstand 'a low cloud of yellow-grey smoke or vapour' naderen. Al spoedig renden in paniek verkerende soldaten uit de frontlinie naar achteren. Ze probeerden wanhopig lucht te krijgen en gooiden wapens en uitrusting weg om sneller te kunnen lopen en de wolk voor te blijven.⁵⁸

Bij de eerste grootschalige gasaanval in de geschiedenis verloren die dag duizenden militairen het leven of werden ernstig gewond. De angst voor het gif sloeg toe. Bij de vervaardiging en inzet van strijdgassen - behalve door Duitsers spoedig ook door Britten en Fransen - waren niet alleen vooraanstaande chemici, maar ook artsen, psychologen en weerkundigen betrokken. Zij analyseerden samen met militairen de effecten van het gebruik van die wapens.

'DE OORLOG VAN DE CHEMICI'

De gaswolk in West-Vlaanderen geldt als een symbool van de samenwerking tussen de wetenschap en het militaire bedrijf. Om die reden wordt de Eerste Wereldoorlog ook wel 'de oorlog van de chemici' genoemd. Om dezelfde reden bezorgde de paddenstoelwolk van de atoombom de Tweede Wereldoorlog de benaming 'de oorlog van de natuurkundigen'. In feite zijn beide namen onjuist. De oorlogen werden uitgevochten door miljoenen militairen, voor het overgrote deel dienstplichtigen. Nog eens tientallen miljoenen burgers raakten erbij betrokken.

Als neutrale staat was Nederland buiten de Eerste Wereldoorlog gebleven, maar het gebruik van strijdgassen raakte al spoedig bekend en maakte ook hier grote indruk. Een maand na de eerste chemische aanval bij Ieper, begon het hoofd van het Scheikundig Laboratorium der Artillerie-Inrichtingen met proefnemingen en de aanschaf van grondstoffen - eerst zwaveldioxide, later agressievere middelen - om chemische wapens te maken.⁵⁹ De productie van het gas vond plaats bij enkele bedrijven in het westen van het land. Een inmiddels gevormde 'gascompagnie' van het Nederlandse leger hield zich bezig met de vervaardiging van chemische strijdmiddelen. Zij vulde cilinders en granaten met chloorgas.

Na afloop van de oorlog werden de wapens onbruikbaar gemaakt. Het onderzoek ging zich onder leiding van de Commissie voor de Chemische Strijdmiddelen (1923) concentreren op de bescherming tegen chemische wapens. Verschillende malen werd echter nog wel overwogen om strijdgassen op grotere schaal te gaan maken. Met het oog op bestaande internationale verdragen zag men hiervan af, met één uitzondering: voor Nederlands-Indië werd eind jaren dertig door het Scheikundig Laboratorium een kleine fabriek voor mosterdgas gebouwd en als bouw pakket daarheen vervoerd. De legerleiding in Nederlands-Indië was er terecht van overtuigd dat Japan over gifgas beschikte en wilde eveneens over dat wapen beschikken. Het mosterdgas is echter nooit gebruikt. Medewerkers van de chemische afdeling van het Prins Maurits Laboratorium ruimden in 1977 de grotendeels intact gebleven voorraden mosterdgas op door ze te verbranden. De fabriek werd ontmanteld.⁶⁰

HET CHEMISCH LABORATORIUM TNO

Na de Tweede Wereldoorlog zette het Chemisch Laboratorium TNO, een van de laboratoria van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO, het onderzoek naar chemische strijdmiddelen voort. Het nieuwe laboratorium, opgericht in 1948, kreeg als hoofdtak 'de bescherming van de militair en burger tegen chemische oorlogvoering'.⁶¹ Het eerste werkprogramma omvatte het onderzoek naar organische fosforverbindingen. Dat was niet zo verwonderlijk, daar deze zenuwgassen als zeer toxische strijdmiddelen uit de wereldoorlog

tevoorschijn waren gekomen. De synthese van deze stoffen werd onderzocht, net als hun effecten op het menselijk lichaam. De bepaling van het laatste gebeurde in samenwerking met het Medisch-Biologisch Laboratorium TNO. Spoedig groeide het programma uit tot het alle denkbare aspecten van bescherming omvatte, zoals ontsmetting, gasmaskeronderzoek, beschermende kleding en het werkingsmechanisme van de zenuwgassen. Telde het laboratorium bij de oprichting nog zeven medewerkers, aan het begin van de jaren zestig waren dat er ongeveer honderd.

De onderzoekers besteedden in de jaren vijftig en zestig veel tijd aan opsporings- en analysemethoden. De chemische wapens uit de Eerste Wereldoorlog hadden een zo sterke en karakteristieke geur dat hun aanwezigheid zelfs in betrekkelijk lage concentraties met de neus was vast te stellen. Zo rook het in de eerste gifgassen toegepaste chloorcyaan 'scherp prikkelend'. Het beruchte mosterdgas - de naam doet het al vermoeden - had een geur van mosterd en knoflook. Fosgeen rook naar 'rottend hooi'. De zenuwgassen van de Tweede Wereldoorlog waren al minder goed vast te stellen. Tabun en sarin bijvoorbeeld roken 'zwak fruitachtig'. Het later ontwikkelde VX was reukloos. Het vaststellen of er sprake was van een chemisch strijdmiddel en zo ja, van welke aard en in welke concentratie, was dan ook een belangrijk thema.

Voor de opsporing waren de reukgrens en de dodelijke dosis bij inademing van belang. Chloorcyaan had een reukgrens van 2,5 mg per m³, mosterdgas 1,3 mg per m³. Voor tabun en sarin lag de reukgrens op 9 en 5 mg per m³. Met andere woorden: zij waren moeilijk te ruiken. De dodelijke dosis bij inademing bij 50% van de eraan blootgestelde personen lag voor chloorcyaan op 11.000 mg-minuut per m³. Voor mosterdgas was dit cijfer 1500 mg-minuut per m³. Voor een zenuwgas als sarin lag de dodelijke dosis bij inademing bij 50% van de eraan blootgestelde personen op 100 mg-minuut per m³. De inzet van chemische wapens werd dus steeds moeilijker vast te stellen en de dodelijke dosis was sneller bereikt.⁶²

Het Chemisch Laboratorium TNO ontwierp twee soorten apparatuur, te weten opsporingsapparatuur voor alarmeringsdoeleinden en apparatuur voor controledoel-einden. Het eerste apparaat moest in staat zijn binnen zeer korte tijd na detectie van een zenuwgas een visueel of hoorbaar alarm af te geven. Het alarmeringssysteem was gebaseerd op de wijze waarop zenuwgassen in het menselijk lichaam werkzaam waren. Het gas remde de werking van een bepaald enzym af waardoor, eenvoudig gezegd, het lichaam zeer snel een giftige stof opbouwde. Het draagbare alarmeringsapparaat zoog via een voortdurend werkende ventilator lucht aan, die langs een met het enzym bevochtigd plaatje of lint werd geleid. Hieraan voegde het apparaat enkele seconden later een contrastvloeistof toe. Een reflectielampje en fotocellen registreerden een eventuele verkleuring van het lint of plaatje, waarna een alarm in werking trad. Een eenvoudiger ontwerp was de zogeheten knoop. Die kon worden aangebracht in de inlaatopening van het gasmasker. De knoop functioneerde vrijwel hetzelfde als het alarmeringstoestel en toonde ook door verkleuring de aanwezigheid van zenuwgas aan.

De controleapparatuur moest zodanig zijn dat nog juist die concentratie kon worden aangetoond waaraan een mens geruime tijd kon worden blootgesteld zonder dat vergiftigingsverschijnselen optraden. Hiervoor ontwikkelden de onderzoekers van het Chemisch Laboratorium een zogeheten gasverkennersuitrusting, waarbij met een eenvoudig handpompje een luchtmonster door een detectieplaatje kon worden gezogen. Soms was dit plaatje geïmpregneerd met een reagerende stof, soms werd die er kort voor de luchtopname op gedruppeld. Aan de mate van verkleuring stelde de militair vast of een gevaarlijke grens werd overschreden.⁶³

Het Chemisch Laboratorium TNO hield zich eveneens bezig met het ontwikkelen van beschermingsmaterieel. Aanvankelijk ging het om gezichtsbedekkende gasmaskers, voorzien van een mondfilter met daarin een enkele centimeters dikke laag actieve kool. Het oppervlak van de kool was in staat gasmoleculen te binden en zo onschadelijk te maken. Later werden aan de koolstof nog andere stoffen als zilver, koper en chroomverbindingen toegevoegd om specifieke chemische strijdmiddelen te ontleden in ongevaarlijke componenten. Omdat sommige gifgassen, bijvoorbeeld mosterdgas, ook via de huid het menselijk lichaam konden binnendringen, ontwikkelde het Chemisch Laboratorium TNO beschermende kleding.

Een groot probleem was het testen van de opsporings- en beschermingsmiddelen in de praktijk. Nederland is in feite te klein voor veldproeven met deze wapens. Dit probleem loste de krijgsmacht in 1949 op door samen met België een convenant met Frankrijk af te sluiten voor een gezamenlijk onderzoeksprogramma over chemische oorlogvoering. Frankrijk beschikte in het Algerijnse deel van de Sahara - Algerije was toen nog een Franse provincie - over een uitgestrekt oefenterrein voor chemische wapens.

Onderzoekers van het Chemisch Laboratorium TNO deden vanaf die tijd veldproeven met verschillende soorten gifgas in de Sahara. Later werden er ook veldproeven gedaan in Frankrijk en België en op bescheiden schaal zelfs in Nederland: op Vlieland, de vliegbasis Deelen en het schietterrein bij Harskamp op de Veluwe. Deze fase liep tot midden 1968.

Met name de proeven in Algerije, die over het algemeen een realistisch karakter hadden, gaven een goed inzicht in het gedrag en de werking van de belangrijkste bestaande chemische wapens. De onderzoekers waren nu in staat modellen op te stellen die geschikt waren om mogelijke scenario's bij het gebruik van gifgas door te rekenen. De fase van de veldproeven in de openlucht eindigde goeddeels met de komst van de computers. Onderzoekers van het Chemisch Laboratorium TNO konden toen steeds vaker aan de hand van simulaties het gedrag van chemische wapens nabootsen.⁶⁴

In 1979 fuseerde het Chemisch Laboratorium TNO met het Technologisch Laboratorium tot het Prins Maurits Laboratorium TNO. Circa 40% van het beschikbare budget ging naar de chemische defensieresearch. De doelstellingen veranderden niet, maar in de activiteiten traden wel enkele verschuivingen op. Geheel nieuwe thema's als waterzuivering, luchtzuivering en milieuhygiëne werden opgepakt, maar het analyseren en het synthetiseren van de chemische strijdmiddelen stonden nog steeds centraal. Hetzelfde gold voor de identificatie van de gifgassen en het ontwikkelen van gevoelige analytisch-chemische detectiemethoden. Er werd onder andere gewerkt aan nieuwe biochemische sensoren. Met computersimulaties werden chemische aanvallen nagebootst en beschermende maatregelen op hun effectiviteit geëvalueerd.

De ontwikkeling van beschermende kleding werd beëindigd, waarna de werkzaamheden verschoven naar de keuring van elders aangeschafte kleding. Dat vereiste nieuwe methoden om de beschermende werking te testen. Het laboratorium had inmiddels een dusdanige expertise opgebouwd, dat er internationaal belangstelling bestond voor zijn aanpak. Zo had het bijvoorbeeld een valtoeren voor mosterdgasdruppels ontworpen. Later volgde er een ontwerp van een objectieve mosterdgas-dosimeter. Hiermee kon DNA-schade in de oren van geslachte varkens door het binnendringen van mosterdgas worden vastgesteld. Door deze wijze van onderzoek waren proefdieren en proeven op mensen overbodig. In 2004 ontwierp TNO een *Whole System Test* voor NBC-kleding (kleding tegen nucleaire, biologische en chemische wapens). Hierbij 'loopt' een van

beschermende kleding voorziene etalagepop een aantal uren in een afgesloten ruimte in de damp van een nagebootst chemisch strijdmiddel. Door de intensieve loopbeweging is mogelijke lekkage in het pak vast te stellen. Samen met Canada en Tsjechië voert TNO nog steeds onderzoek uit aan poppen en mensen om zo de resultaten te kunnen vergelijken.⁶⁵

Na 1990 is de nadruk van het onderzoek verschoven naar de bestrijding van biologische wapens. In handen van terroristen worden die als een groot gevaar gezien. Het gevaar van een chemische oorlogvoering is daarentegen belangrijk verminderd door de totstandkoming van het Chemisch Wapenverdrag.

HET CHEMISCH WAPENVERDRAG

Chemische wapens werden heel lang geleden al ingezet. Al vóór de christelijke jaartelling gebruikten onder meer Chinezen, Grieken en Romeinen giftige dampen om tegenstanders uit te schakelen. De strijd tegen dit soort wapens is vrijwel even oud. Romeinse juristen eisten al een verbod op het vergiftigen van bronnen. In 1675 kwam er in Straatsburg een verdrag tegen chemische wapens tot stand. In de negentiende eeuw vonden er verschillende conferenties plaats over een verbod op 'verstikkende gassen'. De daar opgestelde en soms ook ondertekende verklaringen bleken tijdens de Eerste Wereldoorlog evenwel zonder betekenis.

Uit vrees voor een totale chemische oorlog werden er in de Tweede Wereldoorlog geen gifgassen ingezet. Een nieuwe wapenwedloop, óók voor chemische wapens, volgde tijdens de Koude Oorlog. Bij lokale oorlogen werden soms toch chemische wapens ingezet, onder meer aan het einde van de jaren zestig door Egypte in Jemen en door de Verenigde Staten (bijvoorbeeld het ontbladeringsmiddel Agent Orange) in Vietnam. Irak gebruikte ze tussen 1980 en 1988 op grote schaal tegen Iran en later nog tegen de eigen Koerdische bevolking.⁶⁶ In Japan pleegde een religieuze sekte in de jaren negentig twee aanslagen met sarin in de metro. Het aantal dodelijke slachtoffers (12) was beperkt, maar deed de vrees voor het gebruik van gifgas door terroristen toenemen.

Het onderzoek van TNO naar chemische oorlogvoering verwierf zijn grootste bekendheid misschien wel door het internationale verzet tegen chemische wapens. Op 13 en 14 januari 1993, bijna tachtig jaar na de eerste gifgasaanval tijdens de Eerste Wereldoorlog, ondertekenden 137 landen in Parijs het Chemisch Wapenverdrag. Een van de eregasten hierbij was dr. A.J.J. (Koos) Ooms, de oud-directeur van het Prins Maurits Laboratorium. Hij had langer dan wie ook - 24 jaar - deelgenomen aan de besprekingen over het verdrag.

Ooms was om twee redenen bij de besprekingen betrokken geraakt. Hij was allereerst een geboren diplomaat: 'Ik ben typisch een man die het verfrommelde papiertje uit de prullenbak haalt, gladstrijkt, weer op tafel legt en zegt: Kunnen we het niet nog eens op een andere manier benaderen.'⁶⁷ Verder was hij de directeur van een laboratorium dat een uitstekende naam had opgebouwd wat betreft de kennis van strijdgassen.

Het gebruik van chemische wapens was mede door de Egyptische en Amerikaanse inzet ervan rond 1970 weer op de agenda van de Ontwapeningsconferentie van de Verenigde Naties in Genève gekomen. De besprekingen hadden echter geen resultaat; vooral de controle vormde een struikelblok.

Adviseur van de Nederlandse delegatie was de zojuist genoemde Koos Ooms. Hij had een bewogen en succesvolle carrière achter de rug, die in 1942 was begonnen met zijn inschrijving voor een studie scheikunde bij de Universiteit Utrecht. Een jaar later moest hij die studie afbreken omdat hij weigerde de loyaliteitsverklaring aan de

Duitse bezetter te ondertekenen. Ooms besloot te vluchten. Grotendeels lopend trok hij naar Spanje en later Portugal. Vanuit dit laatste land reisde hij naar de Verenigde Staten, waar hij dienst nam in het Amerikaanse leger. In 1944 landde hij als militair in Zuid-Frankrijk.

Na de oorlog keerde Ooms terug in Nederland en maakte hij zijn studie af. Zijn dienstplicht vervulde hij op het Chemisch Laboratorium TNO, waarna hij aan TNO verbonden bleef. In 1965 werd hij directeur van dat lab. Dertien jaar later was hij de eerste directeur van het Prins Maurits Laboratorium, waarin het Chemisch Laboratorium TNO was opgegaan.

Ooms werd eind jaren zestig adviseur bij de Ontwapeningsconferentie. Hij deed dat mede om persoonlijke redenen. Chemische wapens was hij gaan zien als 'verschrikkelijk', omdat ze niet discrimineerden. 'Een "normaal" wapen kun je gebruiken tegen anderen die ook wapens dragen, chemische wapens en biologische strijdmiddelen maken even zo makkelijk slachtoffers onder mensen die er niets mee te maken hebben.'⁶⁸

Vanaf 1969 werd er in Genève eendeloos vergaderd - in de woorden van Ooms: 'vergaderen tot je erbij neervalt' - met slechts een beperkte vooruitgang als resultaat. Een verbetering kwam er pas in 1985, toen in de Sovjet-Unie Michail Gorbatsjov de communistische partij ging leiden. Een jaar later verklaarde hij dat men bereid was de productie van chemische wapens te staken en internationale inspecties toe te staan.

Een doorbraak kwam er in 1990 met de Iraakse bezetting van Koeweit. Bij de erop volgende oorlog door een internationale troepenmacht - goedgekeurd door de Verenigde Naties - bleek Irak over grote voorraden chemische wapens te beschikken. Er werd een speciale commissie van de Verenigde Naties (UNSCOM) geformeerd om de vernietiging daarvan en van andere massavernietigingswapens te controleren. Ooms maakte namens Nederland deel van uit van die commissie.

Het feit dat het Midden-Oosten aan de rand van een gifgasoorlog had gestaan, gaf een sterke impuls aan de voortslepende onderhandelingen in Genève. De Amerikanen verklaarden in mei 1991 dat zij bij het bereiken van een verdrag al hun chemische wapens zouden vernietigen. Hierna waren ook andere landen tot concessies bereid.

Ooms, die van het begin af aan bij de besprekingen was betrokken, maakte ten slotte op 6 augustus 1992 - de dag van de *deadline* - het grote moment mee. Ondanks de vele fundamentele meningsverschillen wilde de Duitse voorzitter geen uitstel toestaan. 'In eens, om zes uur liet hij de hamer zakken en zei: het is afgelopen. We keken elkaar aan, het kwam zo plotseling. Nu hadden we een verdrag!' Eigenaardig genoeg was er geen vreugde of applaus. Samen met een collega ging Ooms terug naar de Nederlandse missie, waar ze wijn uit plastic bekertjes dronken. Daarna gingen ze eten aan het Meer van Genève. 'Het onweerde verschrikkelijk die avond, heel dramatisch, toepasselijk bijna.'⁶⁹

TNO EN HET CHEMISCH WAPENVERDRAG

Het Chemisch Wapenverdrag trad in 1998 in werking. Naast het verbod op de productie, het gebruik en de ontwikkeling van chemische wapens verplichtte het verdrag tot de vernietiging of conversie van productiefaciliteiten voor die wapens. Tevens hadden de verdragsstaten de plicht om resterende chemische wapens op te ruimen.

De beloning voor de inzet van Nederland en met name Ooms bij de totstandkoming van het verdrag bleef niet uit. Na een heftige strijd met Genève en Wenen besloten de Verenigde Naties het secretariaat van de controlerende Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW) in Den Haag te vestigen.

De OPCW werkt nauw samen met TNO. De OPCW organiseert om de vijf jaar zogeheten

toetsingsconferenties, waar de voortgang van de ontwapening en de recente ontwikkelingen worden besproken. De onderzoeksgroepen die zich binnen TNO met biologische en chemische veiligheid bezighouden, spelen bij het organiseren van deze en andere conferenties een belangrijke rol. Deskundigen van de organisatie treden ook regelmatig op in technische werkgroepen van de Haagse instelling. Zij brengen verder advies uit aan verwante laboratoria in andere landen en waren sinds 1995 betrokken bij de opleiding van ongeveer 180 OPCW-inspecteurs.⁷⁰

Verder behoort TNO tot de circa dertig laboratoria in de wereld die gifgas mogen produceren. Deze chemicaliën worden gebruikt voor het testen van gasmaskers, beschermende kleding en medisch onderzoek. Van die groep van dertig behoren er circa vijftien tot de zogeheten *Designated Laboratories*, die monsters van chemische stoffen mogen analyseren voor de controle op chemische wapens. Jaarlijks moeten deze uitverkoren laboratoria meedoen aan een *proficiency test*. Daarbij krijgen ze monsters met chemische stoffen, waarvan ze de samenstelling moeten bepalen. TNO scoort ieder jaar weer uitstekend bij die test. In 2009 mocht TNO de monsters produceren die de andere laboratoria moesten analyseren. Een dergelijke rol is slechts voorbehouden aan een topinstituut.

Hans Schippers

17. INTERACTIE TUSSEN MENS EN TECHNIEK

Vroeger was het een heel gedrang op de brug van een marineschip. Een officier hield met een verrekijker de omgeving in het oog. Een ander tuurde op een kaart. De commandant van het schip overlegde met deze en gene en gaf zo nu en dan commando's aan de roerganger, die een dek lager stond achter een prachtig van eikenhout gemaakt stuurwiel. Na de Tweede Wereldoorlog verdween deze romantiek geleidelijk uit beeld. Radar verving de met een verrekijker uitgeruste zeelieden. Elektronische displays kwamen in de plaats van scheepskaarten. Een draaiknop verving het mooie stuurwiel, dat bij de antiquair belandde. Op de brug zijn tegenwoordig nog maar een of twee personen aanwezig.

Het zo efficiënt mogelijk inrichten van scheepsbruggen, met andere woorden: de ergonomie ervan, werd vanaf begin jaren zestig een belangrijke taak voor het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO. De interactie tussen mens en techniek speelde hierbij een hoofdrol, in die zin dat de afstemming van inrichting, instrumentatie, apparatuur en mens op de scheepsbrug optimaal moest zijn voor het uitvoeren van de benodigde taken. In veel gevallen kwamen technische ontwikkelingen namelijk niet tot hun recht omdat de aanpassing van het scheepsontwerp aan de menselijke mogelijkheden werd verwaarloosd.

SCHEEPSBRUGGEN OP HET DROGE

Een van de eerste schepen waarmee het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO op verzoek van de Marine aan de slag ging, was een jager van de Amsterdam-klasse. Bij dit type schip was de bedieningsapparatuur verspreid over de brug. Bovendien had de roerganger op een lager dek geen uitzicht op zee. Zijn orders ontving hij via een spreekbuis van de brug. Dit was niet bevorderlijk voor de nauwkeurigheid en de reactiesnelheid, zoals een proef op zee aantoonde. Op het instituut werd de brug van de opvolger van de Amsterdam-klasse, een jager van de Van Speijk-klasse, nagebouwd. Niet van het echte materiaal, maar van spaanplaat, pvc en plexiglas, een *mock up*, zoals onderzoekers dat noemen. Hiermee kon volop worden geëxperimenteerd. Tijdens de proefnemingen bleken er onder de onderzoekers echter twee duidelijk verschillende opinies te bestaan. Een groep onderzoekers meende dat met een zogeheten cockpitconcept, met een geconcentreerde navigatieplek, de beste resultaten te boeken waren. De andere groep zag meer voordeel in een traditionelere opstelling met verspreide instrumenten. Een serie simulaties maakte uiteindelijk duidelijk dat het beter was om met het cockpitconcept te werken.⁷¹

Dit concept was overigens niet direct te verwezenlijken, maar werd bij elk volgend scheepstype wat verder in de gewenste richting aangepast. Bij de geleidewapenfregatten moest bijvoorbeeld de radarapparatuur in een aparte, verduisterde ruimte worden ondergebracht, omdat de lichtzwakke monitoren anders niet goed te zien waren. Ook de man van de communicatie en de kaartentafel waren nog op de brug te vinden.

In de luchtverdedigings- en commandofregatten, die rond 2000 in de vaart kwamen, was de cockpitstructuur nog verder uitgewerkt. De kaartweergave en de radarinstallatie waren digitaal met elkaar verbonden. Het overzicht van de omgeving en de bepaling van de status van het schip zijn vanuit één positie mogelijk geworden.

Het onderzoek met de *mock ups* werd herhaald bij een project naar een zo efficiënt mogelijke indeling van de ruimte bij een te bouwen onderzeeboot van de Walrus-klasse. De zeer beperkte beschikbare ruimte moest op een zodanige manier ergonomisch ingedeeld worden dat de samenwerking optimaal was.

De ontwikkeling van het brugconcept was niet specifiek aan de Marine gebonden. De bereikte resultaten werden eveneens bij de koopvaardij toegepast.⁷² Van een andere

orde, maar wel verwant aan dit type onderzoek, was een opdracht van de Rijkswaterstaat rond 1970. Het ging hierbij om de bouw van een maquette op een schaal van 1:1500 van de nieuwe havenmond bij Hoek van Holland. Het doel van het onderzoek was om aan de hand van de maquette adviezen te kunnen geven over het tracé van de te bouwen dammen en oevers, lichtlijnen, hinderlijke achtergrondbelichting en lichtmarkering van de dammen. Centraal in het onderzoek stond de man op de scheepsbrug. Hij moest met gebruikmaking van tal van technische hulpmiddelen, maar ook met visuele middelen zijn weg kunnen vinden in het nieuwe havengebied. Het onderzoek vond plaats aan de hand van directe visuele waarneming, foto's vanuit verschillende punten en video-opnamen. De maquette maakte het mogelijk diverse belichtingsmogelijkheden te onderzoeken, zodat vanaf de brug zonder problemen de goede vaarweg kon worden gekozen. Hierbij speelde de achtergrondverlichting een belangrijke rol.⁷³

EEN UNIEK INSTITUUT

Het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO begon zijn werk aan één zintuig: het oog.⁷⁴ Vragen over het nachtelijk waarnemingsvermogen leidden in 1949 tot de oprichting van de Werkgroep Waarneming binnen de toenmalige Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Dat was het startpunt van onderzoek naar nachtzien, diepteziën, kleureziën, verblinding, netvliesverbranding, beeldschermen, et cetera. Spoedig daarop volgde het onderzoek naar een tweede zintuig, het oor, in verband met gehoorbeschadiging, gehoorbescherming, lawaaibestrijding en spraakverstaanbaarheid van radioverbindingen.

Visuologie en audiologie vormden de basis van wat tegenwoordig ergonomie heet, de studie naar de mens in relatie tot zijn omgeving. Aanvankelijk ging het om arbeids-situaties en de werkplek. Een van de eerste opdrachten ging over vermoeidheid bij radarpersoneel. De onderzoekers herleidden de klachten tot verlichtingscondities. Een reeks van projecten, waaronder die naar de scheepsbrug, volgde.

De werkgroep kreeg in 1956 de status van TNO-instituut. In dat jaar kwam ook de eerste psycholoog in dienst. Het onderzoek verbreedde zich naar menselijke informatie-verwerking, zoals de interpretatie van morsesignalen, de beoordeling van luchtfoto's, de perceptie van sonarsignalen en de nauwkeurigheid van kansschattingen.

Het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO was daarmee een uniek instituut. Het herbergde een veelheid aan uiteenlopende disciplines. Tegen 1970 telde het circa 60 medewerkers, onder wie een twintigtal academici. Medici, natuurkundigen, ingenieurs en psychologen deden het onderzoek. Zij betraden geheel nieuwe onderzoeksterreinen. Zelfs de Stichting Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO, tegenwoordig NWO) was bereid de onderzoeksprogramma's te financieren. Daarbij ging het vooral om neuro-fysiologisch onderzoek. Directe toepassingen werden niet altijd beoogd, maar toepasbaarheid op lange termijn was altijd wel het perspectief. Dergelijke projecten werden geschaard onder het verkennend onderzoek. Behalve aan het verkennend onderzoek werkte het instituut aan een dertigtal defensieopdrachten. Van het budget had 22% betrekking op civiel onderzoek.

HET TESTEN VAN OGEN EN OREN VAN BURGER EN MILITAIR

Het onderzoek bij het Instituut voor Zintuigfysiologie had meer dan ander defensie-onderzoek een dubbel karakter. De resultaten waren veelal bruikbaar in zowel een militaire als een civiele context. Het onderzoek naar de scheepsbrug liet dat reeds zien, maar er zijn meer voorbeelden. Zo vindt de huidige, gangbare leeskaart bij de arts om de gezichtsscherpte te meten, zijn oorsprong in de Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Aan het einde van de jaren zestig nam de vereniging van bedrijfsartsen het initiatief om orde te scheppen in de chaos van leeskaarten. De Gezondheidsorganisatie TNO

nam dit initiatief over en de Militair Geneeskundige Dienst ging het financieel ondersteunen. Het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO werd benaderd om het onderzoek te doen.⁷⁵

Het onderzoek van het instituut verliep in drie fasen. Eerst moest worden bepaald wat er aan verschillende leeskaarten verkrijgbaar en in gebruik was. De uitkomst was een flinke schok voor de onderzoekers. Er bestond een veelheid aan testkaarten, waarvan een deel wetenschappelijk onbetrouwbaar was. Diverse kaarten waren een variant op de zogenaamde Snellenkaart. Dit was een kaart die uit de negentiende eeuw stamde en door de Utrechtse oogarts Herman Snellen was ontworpen. De situatie bij het testen van ogen was als gevolg van die veelheid aan leeskaarten onoverzichtelijk. Wie met de ene testkaart niet slaagde voor zijn rijbewijs, zocht net zo lang naar een kaart waarmee dit wel mogelijk was.

De tweede fase van het onderzoek bestond uit het opstellen van een lijst van eisen waaraan een goede testkaart moest voldoen. Door middel van het ontwerpen van een prototype moest worden aangetoond dat deze eisen zinvol en te verwezenlijken waren. Het prototype was geen revolutionair nieuw ontwerp, maar sloot aan bij voorgaande ontwikkelingen van de leeskaart. Zo werd onder meer de al in 1909 door de internationale organisatie van oogartsen als standaardteken aanvaarde 'Landolt C' ook op de nieuwe kaart toegepast. Bij het testen van de nieuwe leeskaart bleek dat een duidelijke verfijning in de diagnostiek kon worden bereikt. De onzekerheidsmarge bij de nieuwe kaart was tweemaal zo klein als bij een veel gebruikt ander exemplaar.

De derde fase betrof de algemene acceptatie van de kaart. Dat was een moeilijke zaak, zo moesten de onderzoekers erkennen, omdat veel artsen en opticiens gehecht waren aan de leeskaarten waarmee ze altijd hadden gewerkt. De belangrijke vereenvoudiging in de weergave van de gemeten gezichtsscherpte zou, zo hoopten de onderzoekers, een bijdrage leveren aan de aanvaarding van de nieuwe kaart. Het in een computer opslaan van de gegevens verliep bovendien veel gemakkelijker.⁷⁶ Beide factoren hadden inderdaad tot gevolg dat de door TNO ontworpen leeskaart ten slotte toch breed werd aanvaard.

Bij het testen van het gehoor had zich een andere opmerkelijke verandering voltrokken.⁷⁷ In 1935 hanteerde men bij een groot bevolkingsonderzoek in de Verenigde Staten vijf graden van slechthorendheid. De eerste graad werd als volgt omschreven: 'De persoon heeft moeilijkheden met het verstaan van spraak in de kerk, in de schouwburg of in de groepsconversatie.' De onderzoekers wisten blijkbaar dat hinder van geroezemoes en nagalm kenmerkend was voor een lichte graad van slechthorendheid. Ongeveer veertig jaar later werd het onderzoek herhaald, maar kozen de onderzoekers voor een andere formulering. Nu betekende een geringe mate van slechthorendheid dat een persoon moeilijkheden had om gefluister in een *stille* omgeving te verstaan.

Toen het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO het onderzoek naar slechthorendheid in de jaren zeventig startte, was de nieuwe formulering gangbaar. Zowel in de praktijk als in de laboratoria richtte het onderzoek zich op de drempel voor het verstaan van spraak in stilte. De vraag naar het verstaan van spraak met *omgevingsgeluid* was naar de achtergrond verdwenen. Het instituut toonde evenwel aan dat deze eenzijdige benadering geen recht deed aan de problemen van slechthorenden, met name ouderen. De meeste slechthorenden bleken in hun dagelijkse leven vooral last te hebben van het verstaan van spraak in een lawaaiige omgeving. TNO pleitte dan ook voor aanpassing van de criteria, testprocedures en hulpmiddelen voor slechthorendheid.

NIEUWE ONDERZOEKSGBIEDEN NA 1970: SYSTEEMERGONOMIE, BEWEGINGSZIEKTE EN OPLEIDINGSKUNDE

Zintuigfysiologie, ergonomie en neurofysiologie waren de belangrijkste onderzoeks-terreinen bij het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO. In de jaren zeventig en tachtig werden daaraan nieuwe onderwerpen toegevoegd, zoals evenwicht en oriëntatie, of kregen bestaande thema's een nieuwe dimensie in het kielzog van de informatietechnologie.⁷⁸ Ook dienden zich geheel nieuwe onderzoeksterreinen aan, zoals de thermofysiologie (onderzoek naar de warmte- en vochtbalans van soldaten in hun pakken) en de opleidingskunde (training, opleiding en simulatie).

Optimalisering van de informatieverwerking behoorde vanaf het begin tot de expertise van het instituut. Die kreeg door de voortschrijdende automatisering en de innovatieve informatietechnologie echter een nieuwe dimensie. Talrijke opdrachten gingen over de informatie-uitwisseling tussen nieuwe apparatuur en de operator. Ook was het de vraag wat de menselijke cognitieve vermogens waren bij de vormgeving van taken en procedures in een werksituatie met automaten en computers. Wat konden mensen mentaal aan? Hoeveel inspanning kostte het? Hoe lang hielden zij het vol? Wat deden zij in het geval van tijdgebrek? Hoe beoordeelden zij onzekerheden? Uiteindelijk ging het ook om de vraag hoe een complex systeem als een combinatie van operators, automaten en computers functioneerde. Dit behoorde tot het terrein van de systeemergonomie.

In het onderzoek naar evenwicht en oriëntatie was het aanvankelijk vooral de Landmacht die interesse toonde, vanwege het verband met het transport in gesloten voertuigen. De grootste opdrachtgevers werden echter de Marine (zeeziekte) en de Luchtmacht (desoriëntatie van gevechtsvliegers). Wagenziekte is een bewegingsziekte, zoals ook zeeziekte en ruimteziekte bewegingsziekten zijn, met misselijkheid als voornaamste symptoom. Lang werd er gedacht dat al deze ziekten te maken hadden met het schudden van het evenwichtsorgaan, dat zich in ons middenoor bevindt. Zo simpel was het echter niet.

De hersenen willen op de hoogte worden gehouden van drie zaken van het hoofd of het lichaam: draait het om een hoek, wordt het verplaatst en hoe bevindt het zich ten opzichte van de zwaartekracht.⁷⁹ Samen met het evenwichtsorgaan leveren de ogen informatie die nodig is om ons in een evenwichtige situatie te houden. Dan is er nog de positiezin, die informatie levert over de stand van de ledematen als een aanvulling op wat de ogen en het evenwichtsorgaan al hebben doorgegeven over het hoofd. Zolang we gewoon lopen, kunnen de hersenen een voorspelling maken van de te verwachten bewegingen van ons lichaam. Het kan echter mis gaan zodra we plaatsnemen in een wagen. Tussen de informatie van ogen, evenwichtsorgaan en positiezin ontstaan dan eventueel discrepanties. De ogen zien de rechte lijn van de weg, maar het evenwichtsorgaan signaleert een stijging of daling of een scherpe bocht. In het vliegtuig of ruimtevaartuig is er ook sprake van informatieverschillen. Op of in een schip zijn de bewegingen en daarmee de informatieverschillen nog groter. De hersenen raken in de war. Het gevolg is misselijkheid of erger.⁸⁰

Vanaf de jaren tachtig hielden de onderzoekers van TNO zich bezig met de oorzaken van bewegingsziekten en maakten zij een computermodel waarmee de reactie op verschillende soorten bewegingen kon worden voorspeld. Ook experimenteerden zij met remedies tegen bewegingsziekten. Zo droeg André Kuipers tijdens zijn ruimtevlucht in 2004 een door TNO ontworpen trilvest. Hierin zaten kleine trillertjes, ongeveer zoals in de trilfunctie van een mobieltje. Kuipers moest gewichtloos, geblinddoekt en met oordoppen een aantal oriëntatieproeven doen en daarbij het vest afwisselend wel en

niet dragen. Verder droeg hij het vest een aantal uren bij zijn normale werk aan boord van het ruimteschip. Bovendien hield Kuipers een vragenlijst over zijn fysieke conditie bij. Hoe voelde hij zich, wanneer werd hij ziek en hoe ziek was hij? Een bloeddruktest maakte eveneens deel uit van het onderzoek.⁸¹

De laatste jaren wordt er veel geëxperimenteerd met simulatoren. Desdemona, een 3D-draaistoel waarmee gewichtloosheid is na te bootsen, is zo'n simulator. Het toestel is ontworpen door een Oostenrijks bedrijf en een soort combinatie van een achtbaan, elektrische stier en centrifuge. Met het apparaat is het mogelijk iemand rond een willekeurige as onbeperkt rond te draaien, op en neer te bewegen en ook nog eens te centrifugeren. Desdemona maakt onderzoek naar vlieg- en ruimteziekte, zee- en simulatorziekte mogelijk. Bij het onderzoek werkt TNO samen met de Technische Universiteit Delft en het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR).⁸²

De opleidingskunde had binnen het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO altijd al enige aandacht, maar kwam vooral tot ontplooiing na de vorming van een aparte projectgroep in 1990. De introductie van simulatoren voor trainingsdoeleinden en van computer-ondersteunend onderwijs riep speciale vragen op. Hoe voltrokken leerprocessen zich? Hoe geldig waren de leerresultaten? Wat werd er aan kennis en vaardigheden overgedragen? Stonden de hoge kosten voor dergelijke opleidingsmiddelen wel in verhouding tot de leerresultaten? Konden die resultaten niet op een andere, effectievere manier worden bereikt? Voortbouwend op de activiteiten van het Laboratorium voor Elektronische Ontwikkelingen voor de Krijgsmacht (LEOK), dat al in de jaren zestig en zeventig onder meer een schietbioscoop voor tanks had ontwikkeld, gingen de onderzoekers met deze vragen aan de gang.

In de jaren tachtig had men ervaring opgedaan met de ontwikkeling van rijssimulatoren voor onder meer de nieuwe Leopard-tanks en personeelsvoertuigen van de infanterie. De onderzoeksresultaten, gekoppeld aan de ervaringen in de praktijk, werden samengebracht in een Leidraad voor Geavanceerde Onderwijsleermiddelen. Deze leidraad werd (en wordt) ook toegepast in projecten met een aantal Europese partners. In dezelfde periode werkten het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO en het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO aan de eerste wapensysteemsimulatoren. Het ging om de Gemechaniseerde Lucht doel Artillerie Trainer. Deze simulator combineerde een wapensysteemsimulator met een simulator voor gevechtssomstandigheden. De militairen die de tanks voor luchtdoelartillerie moesten gaan bedienen, konden in de simulator vertrouwd raken met de apparatuur voordat ze daarmee in de realiteit aan de slag gingen. In de jaren negentig volgden de simulatieprogramma's elkaar in snel tempo op.⁸³

Een goed voorbeeld van de rol die simulatietraining kan spelen, is de FACSIM-trainer voor Forward Air Controllers (FAC's) van de Landmacht. De FAC's moeten als het ware de vliegtuigen aansturen die steun aan grondtroepen leveren. Verder controleren en rapporteren ze wat die steun in de praktijk oplevert. Hierbij dienen ze rekening te houden met de positie van de eigen troepen en het zoveel mogelijk voorkomen van nevenschade. Vroeger was de FAC een gevaarlijk baantje. De Controllers moesten opereren vanuit vooruitgeschoven posities, dicht bij de frontlijn. De moderne communicatietechnieken hebben hun positie er wel veiliger op gemaakt. Het is echter een verantwoordelijke positie met ook nu nog de nodige risico's.

De training duurt zes weken. De eerste twee weken krijgen de FAC's een inleiding in de theorie. In de derde week wordt er met de simulator gewerkt. De FAC-in-opleiding kan dan wennen aan de communicatie met het vliegtuig en de geleiding naar het doel. Daarna volgt een training in de praktijk, onder meer in de Belgische Ardennen. Vervolgens moet de FAC-in-opleiding het geleerde met zijn legereenheid in de praktijk

brengen. Na zes maanden keert hij terug voor een vervolgopleiding van twee weken.⁸⁴

De simulator, de FACSIM, die eruitziet als een soort op het hoofd bevestigde grote verrekijker, speelt een essentiële rol bij de training. Trainen met echte vliegtuigen, als die al aanwezig zijn, is erg duur: twaalf- tot dertienduizend euro per dag. De FAC-in-opleiding kan de FACSIM een oneindig aantal vliegtuig-runs in allerlei variaties laten doen. Het resultaat is dat hij als het ware automatisch kan reageren op talloze situaties. Allerlei factoren die het vliegen beïnvloeden, zoals duisternis, een wolkendek of mist, kunnen met een druk op de knop in het programma worden ingevoegd.

Het bestaande FACSIM-systeem is voortdurend aangepast en verbeterd door het toevoegen van praktijkervaringen. Ook is de apparatuur steeds kleiner gemaakt, zodat ze nu op oefening mee te nemen is. Wanneer het weer het onmogelijk maakt om een vliegtuig in te zetten, zet men de FACSIM in om te oefenen.⁸⁵

MENS-TECHNIEKINTERACTIE EN INTEGRALE VEILIGHEID

In 1994 veranderde het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO zijn naam in TNO Technische Menskunde (TM). Het instituut telde in die jaren ongeveer 125 medewerkers, onder wie 60 tot 65 academici.⁸⁶ Het aantal academici was relatief toegenomen ten opzichte van de jaren zeventig. Dat gold ook voor het aantal defensieopdrachten (meer dan 130) en het percentage van de omzet dat aan civiel onderzoek werd besteed (circa 30%). De omvang van het verkennend onderzoek was daarentegen afgenomen. De compensatie daarvoor werd gezocht in de samenwerking met de universiteiten en de financiering van promovendi.

Het defensieonderzoek was in deze jaren vol veranderingen in een stroomversnelling geraakt (zie hoofdstuk 15). De Koude Oorlog liep ten einde. De Nederlandse defensie kreeg een andere rol in de internationale verhoudingen en moest zich omvormen tot een wereldwijd inzetbare krijgsmacht. Het ministerie van Defensie begon aan een eerste bezuinigingstraject. Terrorisme en rampen kwamen na 2000 hoog op de nationale agenda te staan. Internationale en nationale veiligheidsvraagstukken raakten steeds meer met elkaar verweven. Defensieonderzoek bij TNO vond vooral plaats binnen het hoofdthema 'Integrale Veiligheid'.

De interactie tussen mens en techniek behoort niet meer tot het onderzoeksgebied waarvoor Defensie het bestaansrecht binnen TNO zeker stelt.⁸⁷ Defensie ziet deze interactie niet als een van de gebieden waarvoor een strategisch partnerschap met TNO in de toekomst zal worden aangegaan. Wel zal zij in het onderzoek blijven investeren. Andere partijen zullen echter mee moeten doen om de expertise voor TNO te behouden en verdere kennisontwikkeling mogelijk te maken.

Het onderzoek naar mens-techniekinteractie zal meer dan ooit in de civiele sector zijn klanten moeten vinden. Daar heeft TNO als een van de weinige binnen het defensie-onderzoek reeds vanaf het begin ervaring mee. In de komende periode liggen de kansen onder andere in het verbeteren van de menselijke prestatie in technische omgevingen. Mens-techniekinteractie heeft daarvoor een sterke positie in training en opleiding, in selectiemethoden en in methoden om de fysieke conditie en motivatie van mensen te verbeteren.⁸⁸ Die positie is zowel interessant voor Defensie als voor anderen.

Hetzelfde geldt voor het samenwerken en opereren in militair-civiele coalities. Voor die taken zijn het adequaat uitwisselen van informatie, het op elkaar afstemmen van technologie en het in elkaar laten grijpen van organisaties cruciaal. Tevens is een diversiteit aan sociaal-culturele factoren in het geding. De expertise van TNO op dit gebied is bruikbaar voor internationale missies, maar ook voor nationale veiligheidsoperaties en crisismanagement. De problematiek van de nationale veiligheid biedt nog

een keur aan andere thema's (risicoperceptie bij burgers, beeldanalyses van toezichts-camera's, training van beveiligers, et cetera), waarvoor TNO door haar onderzoek in het verleden naar mens-techniekinteractie de expertise in huis heeft.

Hans Schippers en Harry Lintsen

18. DE FYSISCH-ELEKTRONISCHE REVOLUTIE

De natuurkundigen waren met een enorm potentieel uit de Tweede Wereldoorlog tevoorschijn gekomen en hadden de krijgsmacht met een nieuwe werkelijkheid geconfronteerd. De atoombom betekende een keerpunt in de geschiedenis. Nooit eerder was de mensheid met een dergelijke vernietigingskracht geconfronteerd. Het voeren van oorlog kreeg daarmee direct een andere dimensie. In de schaduw van de atoomwapens tekende zich bovendien op vele terreinen een nieuwe wereld van militaire instrumenten, apparaten en systemen af. Indien de kernfysica de wegbereider voor de atoombewapening was, dan waren het elektromagnetisme, de atoomfysica, de vastestoffysica en de akoestiek de wegbereiders voor infraroodkijkers, radar, radiocommunicatie, rekenapparaten, sonar en vele andere producten. Daarvoor was ook de inzet van de elektrotechniek nodig, die als toegepaste wetenschap elektrische, magnetische en elektromagnetische verschijnselen klaarstoomde voor praktisch gebruik. Reeds lang voor de oorlog waren de elektrotechniek en de genoemde deelreinen van de natuurkunde tot ontwikkeling gekomen en was er geëxperimenteerd met toepassingen. Het militaire onderzoek op deze gebieden zou echter door de Tweede Wereldoorlog en de Koude Oorlog in een stroomversnelling komen.

In Nederland gebeurde dat op het Fysisch Laboratorium TNO en het Laboratorium voor Elektronische Ontwikkelingen voor de Krijgsmacht (LEOK), die in 1984 tot één laboratorium fuseerden: het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO (FEL-TNO). Het Fysisch Laboratorium TNO, dat wij in dit hoofdstuk zullen volgen, kon als een ontwikkelingslaboratorium worden betiteld.⁸⁹ Het onderzoek was er gericht op het maken van prototypen, het productierijp maken van nieuwe apparaten, het adviseren bij het industriële productieproces en het begeleiden van het praktisch gebruik. Dat was aanvankelijk een helse karwei. Het ontbrak de Nederlandse krijgsmacht aan iedere vorm van deskundigheid. Bovendien moest die deskundigheid grotendeels op eigen kracht worden opgebouwd, omdat de kennisuitwisseling met andere landen, ondanks het NAVO-verband, beperkt was en veel informatie geheim moest blijven.

Om de fysische en elektronische apparaten en systemen te kunnen ontwikkelen, moest er op een breed terrein in activiteiten worden geïnvesteerd. Het vereiste achtergrondonderzoek in de vastestoffysica, elektromagnetische straling, onderwaterakoestiek, signaalverwerking, elektronisch rekenen, et cetera. Voor het bouwen van experimentele opstellingen en het vervaardigen van prototypen bezat het Fysisch Laboratorium TNO een mechanische werkplaats en instrumentmakerij. Daaraan verbonden waren een smederij, plaatwerkerij, timmerwerkplaats en een afdeling voor radiomontage. Toen de gedrukte, elektronische schakeling opkwam, werd er eerst samengewerkt met een grafisch bedrijf om de printplaten te vervaardigen en vervolgens een eigen afdeling gestart, de Chemigrafische Afdeling (1961). Verder had het laboratorium rekenaars in dienst, die na de komst van de eerste computer (1964) in een nieuwe groep opgingen. Het laboratorium bezat ook lange tijd een Elektronische Afdeling (1972), die de ontworpen apparatuur van het lab voor de krijgsmacht vervaardigde of die de overdracht van prototypen naar de industrie verzorgde en de productie begeleidde. Kortom, het Fysisch Laboratorium TNO was aanzienlijk meer dan een verzameling onderzoeksgroepen die aan ontwikkeling deden. Het bezat een groot aantal ondersteunende onderzoeksgroepen en afdelingen. Het laboratorium was het grootste onderdeel van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO: het telde in 1949 reeds 67 medewerkers en groeide daarna snel tot 210 medewerkers in 1962 en 346 medewerkers in 1980.

Een viertal werkgebieden van het laboratorium, die tot op heden belangrijk zijn gebleven voor het defensieonderzoek, wordt hieronder kort besproken: telecommunicatiesystemen, waarnemingssystemen, operationele research en informatietechnologie. Op het onderzoek naar radar gaan wij daarna dieper in.

TELECOMMUNICATIE

Binnen het kader van het defensieonderzoek omvat telecommunicatie tegenwoordig de volgende onderdelen: mobiele en satellietcommunicatie, beveiliging en integratie van communicatiesystemen en netwerkbeheer.⁹⁰ Aanvankelijk was radiocommunicatie het belangrijkste thema van het Fysisch Laboratorium TNO. Aan radiocommunicatie zou in de toekomst grote behoefte bestaan binnen de krijgsmacht, zo was de opvatting. Allerlei vormen ervan moesten uitgetoet worden.

Het laboratorium begon met een onderzoek naar VHF- en UHF-verbindingen over grote afstanden via de troposfeer. De afkortingen staan voor *very high frequency* en *ultra high frequency* - radiogolven met een zeer hoge frequentie. De onderzoekers slaagden er bijvoorbeeld in om in 1956 over een afstand van circa 800 km een VHF-verbinding te leggen met het Noorse eiland Tromøy. Ook experimenteerden de onderzoekers in samenwerking met de Verenigde Staten met radioverbindingen via de maan door gebruik te maken van de reflectie van radiogolven aan het maanoppervlak. Tot operationele toepassingen leidde dat niet. Dat was ook het geval met een project dat tot doel had radioverbindingen via een satelliet tot stand te brengen tussen kleinere tactische eenheden als voertuigen, vliegtuigen, schepen en onderzeeboten. Wel succesvol was een miniaturzendontvangapparaat voor de Koninklijke Luchtmacht. Het laboratorium ontwikkelde het apparaat voor het redden van in zee gestorte vliegers met behulp van een helikopter, waarbij men de redder aan een kabel boven de drenkeling liet zakken. De redder moest goed met de piloot van de helikopter kunnen communiceren. Met de telefoonkabel die men tot dan toe gebruikte, lukte dat niet; met het UHF-zendontvangapparaat wel. Het laboratorium maakte twaalf stuks van dit type.

Een groot project was de opbouw van een communicatiesysteem op de Noord-Duitse Laagvlakte. Het Eerste Legerkorps was er verantwoordelijk voor de verdediging in NAVO-verband van een gebied van tachtig bij honderd kilometer.⁹¹ De communicatie tussen de commandoposten gebeurde na de oorlog nog steeds met lijnverbindingen, die handmatig moesten worden aangelegd. Het Fysisch Laboratorium TNO deed niet alleen onderzoek, maar ondersteunde ook het leger bij de opbouw van de nieuwe systemen. Men verving de lijnverbindingen in de jaren vijftig door draadloze straalverbindingen, die radiogolven in een bepaalde richting uitzonden. Het systeem werd naderhand uitgebreid met een zogenaamd rayonverbindingssysteem, bestaande uit zes knooppunten die onderling waren verbonden met een twaalfkanaalsstraalverbinding. TNO hielp bij de plaatsing van de vijftien meter hoge masten en de inrichting van de drietonners vol technische apparatuur. In de jaren tachtig volgde de invoering van een geautomatiseerd en beveiligd netwerk, ZODIAC (zone, digitaal, automatisch, cryptografisch beveiligd). TNO adviseerde Defensie over de specificaties, testte het systeem, experimenteerde met datacommunicatie en ontwikkelde deelsystemen. Hollandse Signaal Apparaten NV (nu Thales) was de bouwer van het netwerk.

Tot de reguliere opdrachten behoorden het ontwikkelen en het testen van verschillende soorten antennes. Een langdurig en andersoortig onderzoek was dat naar de zogenaamde Elektromagnetische Puls (EMP). In 1970 gaf de Koninklijke Landmacht de opdracht om de gevolgen van EMP voor elektronische apparatuur te onderzoeken. In de jaren daarvoor was er voor de mogelijke gevolgen grote politieke en publieke belangstelling ontstaan. Diverse gevolgen van een nucleaire explosie waren inmiddels bekend, zoals radioactieve en hittestraaling, luchtdrukgolven en schokgolven in de bodem. Nieuw was het ontstaan van een kortstondige elektromagnetische impuls. Deze kon omvangrijke schade veroorzaken. Hij bracht grote elektrische stromen en hoge spanningen teweeg in kabels en daarmee verbonden apparatuur. Het Fysisch

Laboratorium TNO bouwde een grote testinstallatie om de effecten van een EMP te onderzoeken. Één of meer militaire voertuigen konden in deze unieke opstelling aan een EMP worden blootgesteld.

WAARNEMINGSSYSTEMEN

Waarnemingssystemen hebben in het defensieonderzoek van TNO altijd een belangrijke plaats ingenomen.⁹² Zij zijn gebaseerd op de principes van de onderwaterakoestiek, met sonar als toepassingsgebied, en op de principes van het elektromagnetisme in het spectrum van zichtbaar licht, infrarood en microgolven.

Vanaf de start van het Fysisch Laboratorium TNO is er onderzoek naar sonars verricht. In de Tweede Wereldoorlog had deze technologie op vrij grote schaal toepassing gevonden. Twee typen sonars waren toen in gebruik. Het passieve type, dat het voortgebrachte geluid van het schip of onderzeeboot waarnam, en het actieve type, dat de weerkaatsing van een uitgezonden signaal op een object in of op het water ontving. Nederland bezat nauwelijks expertise op dit gebied. Schoorvoetend werd er na de oorlog met verkennend onderzoek begonnen. Het laboratorium werd ingeschakeld bij de reparatie van een apparaat van de Koninklijke Marine en bij de vondst van een Duitse installatie.

Enkele jaren later besloot de Marine om voor haar nieuwbouwprogramma een eigen sonar te ontwikkelen. De Britten en de Amerikanen waren echter niet bereid inlichtingen te verschaffen. Met Frankrijk bleek een goede samenwerking mogelijk, omdat het land zich in een zelfde situatie bevond als Nederland.⁹³ Onderdelen van een sonar werden gezamenlijk ontwikkeld en ervaringen met prototypen uitgewisseld. Tevens stelde Frankrijk testfaciliteiten ter beschikking. Het was het begin van een diversiteit van onderzoeksactiviteiten.

De onderzoeksgroep van het Fysisch Laboratorium TNO verbeterde het transducent (het onderdeel voor de voortbrenging van ultrasoon geluid), de zender en de hydrofoon (de onderwatermicrofoon). De onderzoekers werkten aan een efficiëntere energieoverdracht van transducent naar zender, vervingen mechanische voorzieningen door elektronische schakelingen en beproefden verschillende vormen van visuele presentatie. Stoorgeruis moest worden gemeten, geluidsvoortplanting werd in zeewater onderzocht en diverse prototypen werden gemaakt. De Koninklijke Marine was de hoofdpdrachtgever en de Nederlandse industrie nam in een aantal gevallen de productie van sonars of onderdelen daarvan op zich.

In het elektromagnetisch spectrum kreeg infrarood aanvankelijk de meeste aandacht. Met infraroodtechnologie was het mogelijk om 's nachts en bij mist voorwerpen en mensen te signaleren door de warmtestralen die zij uitzonden. Reeds in de jaren dertig deed de voorloper van het Fysisch Laboratorium TNO hiernaar onderzoek, maar infrarood bleek niet het verwachte wondermiddel te zijn. Tijdens de Tweede Wereldoorlog kreeg de technologie evenwel een nieuwe dynamiek, net als de radartechnologie. Na de oorlog hervatte het laboratorium dan ook het onderzoek en werd het een expert in infraroodtechnologie.

Het laboratorium ontwikkelde speciale technieken voor het maken en bewerken van zeer zuivere materialen en op basis daarvan het maken van monokristallen. Met deze kristallen, bestaande uit een enkel, homogeen kristalrooster, bouwden de onderzoekers een nieuw type detectoren, die zichtbare en infraroodstralen konden waarnemen. Het duurde echter nog ettelijke jaren voordat zij in staat waren om met geheel zelfgebouwde optiek en elektronica de eerste warmtebeelden te maken.

Daarnaast werd er aandacht besteed aan helderheidsversterkers, met name aan

de grenzen van hun mogelijkheden. De versterkers maakten het mogelijk om bij het geringste licht, bijvoorbeeld van maan en sterren, nog te kunnen waarnemen. Uit de meetresultaten kon het laboratorium een zinvolle maat definiëren voor het te verwachten bereik. De maat werd internationaal geaccepteerd voor de evaluatie van helderheidsversterkers. In een van de onderzoeksprojecten uit de jaren zestig combineerden medewerkers een infraroodkijker met een helderheidsversterker. Daarmee konden tanks op 3000 meter worden waargenomen en mensen op 1000 meter. Deze mensen waren op 500 meter zelfs goed te herkennen.

De onderzoeksactiviteiten lieten niet alleen zien dat detectie in principe met bepaalde technieken mogelijk was, maar gaven ook aan hoe de waarneming te interpreteren, hoe doelen met de apparatuur te volgen waren, et cetera. Een belangrijk deel van het onderzoek was gericht op het beschermen van schepen tegen raketten die met infraroodwaarneming hun doelen zochten. Aanverwante onderzoeksterreinen waren onder andere het atmosferisch onderzoek (vanaf 1950) en het onderzoek naar lasers (vanaf 1962). Tot het onderzoeksprogramma behoorde eveneens het ontwerpen van de componenten voor de waarnemingssystemen. Die kennis werd vervolgens overgedragen aan de industrie. Het laboratorium volgde nauwlettend de voortgang van projecten bij de Nederlandse industrie.

Microgolven zijn in het elektromagnetisch spectrum radiogolven in het hogere frequentiegebied en ze worden begrensd door het gebied van de infraroodstraling.⁹⁴ Ze zijn in gebruik voor communicatie én voor het waarnemen van objecten. Het Fysisch Laboratorium TNO hield zich met beide typen toepassingen bezig. In het voorgaande is de radiocommunicatie al aan de orde geweest. Voor waarneming was radar de belangrijkste toepassing van microgolven. Het begin op dit onderzoeksgebied verliep moeizaam.

De eerste radarinstallatie waarmee het laboratorium na de oorlog kennismakte, was een mobiel apparaat van de Canadese luchtmacht. De Koninklijke Landmacht verzocht het laboratorium om het apparaat weer aan de gang te krijgen. Schema's ontbraken, onderdelen waren eruit gehaald en een voeding ontbrak, maar uiteindelijk slaagden de onderzoekers erin om vliegtuigen op Schiphol met het gerenoveerd apparaat waar te nemen.

Vlak na de oorlog waren er nauwelijks microgolfapparaten beschikbaar. Een eerste zendbuis met hoog vermogen die het laboratorium ter beschikking kreeg, werd direct doorgezaagd om de inwendige constructie te bekijken en de werking ervan te leren begrijpen. Na de beginfase werkte het laboratorium jarenlang parallel aan meerdere onderzoekingen. Hiermee en met het onderzoek op het LEOK bouwde het op radargebied aan een uitstekende reputatie op het wereldtoneel. Daarop komen wij in dit hoofdstuk nog terug.

OPERATIONELE RESEARCH EN BEDRIJFSVOERING

Operationele research was ook een product van de Tweede Wereldoorlog.⁹⁵ Dit type onderzoek ontwikkelde zich tot een vakgebied dat het proces van besluitvorming ondersteunde met methoden en technieken uit de natuurkunde, wiskunde, informatica en bedrijfskunde. Nederland kreeg zijn eerste operationele analisten in 1953, toen het Fysisch Laboratorium TNO een werkgroep op dit terrein formeerde.⁹⁶ Een van de eerste opdrachten betrof het berekenen van een optimale zoekprocedure van twee verschillende typen sonars op onderzeebootjagers. Fysiek kostte het bekijken van alle mogelijke combinaties vele uren werk en vele vellen papier. Via numerieke analyse en simulatie kwamen de onderzoekers tot de conclusie dat er geen grote verschillen waren

in de zoekmethoden met de sonars. In het onderzoek werd overigens alles nog met de hand berekend en dat kostte ook veel tijd. De werkgroep mocht later, aan het begin van de jaren zestig, een zogeheten ZEBRA van de Marine gebruiken. Deze computer, waarvan de afkorting stond voor Zeer Eenvoudig Binair Reken Apparaat, was door de Technische Universiteit Delft en de PTT ontworpen. Nog later kregen de rekenaars de beschikking over eigen computers en werd de groep een grootgebruiker van het centrale computer-systeem.

De Marine was in de beginperiode de belangrijkste opdrachtgever voor de onderzoekers van operationele research. Het ging hierbij onder meer om het vinden van een optimale strategie voor het leggen en vegen van mijnen. Met gebruikmaking van waarschijnlijkheidsberekeningen en de speltheorie werd een antwoord op die vraag geformuleerd. Rond 1980 kwam een van de grootste opdrachten van de Landmacht. Een studie moest inzicht geven in de behoefte aan artilleriemiddelen voor de komende jaren. Daarvoor moesten de onderzoekers een model ontwikkelen dat de verschillende alternatieven voor het verdedigend optreden van het Eerste Legerkorps in NAVO-verband evalueerde. De veelomvattendheid van de taak van de artillerie maakte het onmogelijk om de studie te beperken tot het gevechtsterrein. Het eindresultaat was een systeemdynamisch model waaraan een serie afzonderlijke modellen hun output leverden en die het optreden van het gehele legerkorps kon simuleren.

De onderzoekers deden voor uiteenlopende krijgsmachtonderdelen onderzoek. 'Multi-criteria analyses' verschaften inzicht in de prioriteiten bij de aanschaf van materieel en leverden een bijdrage aan de besparing op reserveonderdelen voor wapen- en communicatiesystemen. Bij de Geneeskundige Dienst bekeken zij hoe de inzet van het wagenpark kon worden verbeterd, met als opmerkelijke conclusie dat men beter de operatiecapaciteit kon verhogen. Andere studies hadden betrekking op de personeelsplanning en de aanschaf van de F-16 gevechtsvliegtuigen. Voor de Hogere Krijgsschool ontwierp TNO *war* en *management games*. Operationele research ondersteunde met andere woorden het beleid en de beslissingen bij de aanschaf, de inzet en het gebruik van de defensiemiddelen. De onderzoekers bezaten in dat verband uitgebreide kennis van militaire operaties en doctrines. Het is een competentie terrein van TNO dat tot op heden deel uitmaakt van het defensieonderzoek.

INFORMATIEVERWERKING EN INFORMATIETECHNOLOGIE

Een ander belangrijk werkterrein was dat van de informatieverwerking.⁹⁷ De behoefte eraan ontstond bij de ontwikkeling van vuurleidingssystemen voor de afweer van vijandelijke vliegtuigen. De rekenapparatuur daarvoor was essentieel. Aanvankelijk werd er met zowel analoge apparaten als digitale technieken geëxperimenteerd, maar al snel bleek de aantrekkelijkheid van de digitale techniek in verband met de nauwkeurigheid van berekeningen, de opslag van gegevens en dergelijke. De digitale techniek werd vervolgens toegepast in de ontwikkeling van uiteenlopende apparaten, zoals een elektronische tijdmetter, een torpedovuurleiding en de apparatuur om radarinformatie te verwerken.

Het werkterrein onderging vanaf de jaren zeventig een aanzienlijke verbreding door de computertechnologie. De onderzoekers begeleidden het gebruik van de centrale computer via de daarop aangesloten terminals. Zij assisteerden bij de inzet en de onderlinge koppeling van minicomputers. Uiteindelijk verbreedde de informatieverwerking zich tot de informatietechnologie en werd deze opgenomen in bestaande en nieuwe werkgebieden van het onderzoek. Nieuw was bijvoorbeeld de informatietechnologie voor commandovoering en gevechtsleiding. Er werden softwareprogramma's ontwikkeld voor gevechtsterreinen en militaire operaties. De inzet van wapensystemen werd

gesimuleerd en op basis daarvan geëvalueerd. Problemen met de commandovoering waren inzichtelijk te maken in een digitale omgeving die ook de defensiestructuur en de internationale netwerken omvatte.

De informatietechnologie vormde ook de basis voor de ontwikkeling van elektronische leeromgevingen. Zo ontwikkelden onderzoekers rond 1990 een *Computer Assisted Instruction*. Het systeem verzorgde het instructieproces in een trainingssimulator en kon aan verschillende simulatoren worden gekoppeld. Het selecteerde een lesmodule voor de leerling op grond van diens trainingsgeschiedenis, waarna de simulator het bijbehorende scenario aanbood. Na afloop van de sessie beoordeelde het systeem de prestatie en koos vervolgens een nieuwe lesmodule. Het gebruik van trainingssoftware en trainingssimulatoren heeft binnen de krijgsmacht een hoge vlucht genomen.

Met deze vier werkgebieden van het fysisch en elektronisch defensieonderzoek zijn de belangrijkste activiteiten van het Fysisch Laboratorium TNO besproken. Tot op de dag van vandaag zijn het belangrijke activiteiten van het laboratorium gebleven. Wij zullen één thema nader bekijken om wat meer inzicht te krijgen in de onderzoeksdynamiek.

RADAR

Radar groeide in de loop der jaren uit tot een van de hoofdthema's van het defensieonderzoek, met belangrijke industriële effecten en opvallende praktische toepassingen. De onderzoeksgroepen moesten hun vooraanstaande positie bevechten in een sterk competitieve omgeving.

Radar is eenvoudig te omschrijven als een systeem dat radiogolven gebruikt om de plaats van een object te bepalen. Het systeem bestaat uit een zender, een antenne, een ontvanger en apparatuur om de gegevens te verwerken. De zender geeft telkens korte energiepulsen (ongeveer een miljoenste seconde) naar de antenne; tussen twee pulsen staat de zender uit (ongeveer een duizendste seconde). De antenne zet de energie om in een elektromagnetische golf. Deze golf wordt gereflecteerd door het object, waarna de antenne de gereflecteerde golf ontvangt en die doorstuurt naar de ontvanger. De ontvanger is verbonden met een processor die de gegevens verwerkt. De afstand tot het object is te bepalen vanuit het tijdsverschil tussen de verzonden en de ontvangen pulsgolf, de richting vanuit de stand van de antenne, en de snelheid van het object vanuit het dopplereffect. De resultaten zijn op een scherm af te lezen. De antenne draait enkele malen per minuut rond om de omgeving over de volle 360 graden af te zoeken. Het bereik van een radarinstallatie is tegenwoordig enkele honderden kilometers.

Een specifiek militaire toepassing is de vuurleidingsradar, een hulpmiddel om te bereiken dat een afgeschoten projectiel het doel kan raken. Wanneer een rondzoekradar van bijvoorbeeld een marineschip een doel heeft gevonden, worden de gegevens doorgeleid naar de volgradar. De volgradar zendt een bundel signalen uit die in zowel breedte als hoogte nauw begrensd is. Deze bundel wordt met de gegevens van de zoekradar op het doel gericht. Een vuurleidingsrekenmachine verwerkt de gegevens over afstand, richting en snelheid van het object vervolgens tot de stuursignalen voor een wapen.

In de praktijk kunnen een groot aantal zaken dit op papier eenvoudige principe van de radarwerking verstoren. De reflectie is bijvoorbeeld door gebrekkige technische apparatuur te gering of geheel afwezig. Hetzelfde kan ook veroorzaakt worden door verstoringen- en misleidingstechnieken. Wolken, mist en regenbuien kunnen een deel van de uitgezonden impuls absorberen of reflecteren - het zogenaamde cluttereffect - waardoor het radarbereik en de resultaten minder worden. Luchtlagen met verschillende temperaturen kunnen eveneens storingen veroorzaken. Op land en op zee kunnen

zaken als huizen, bomen en watergolven de radiogolven reflecteren, zodat het radarbeeld onbetrouwbaar wordt.⁹⁸

Radar was een uitvinding van de Duitser Christian Hülsmeyer. Hij octrooieerde in 1904 een 'Telemobiloskop', waarin enkele basisprincipes van radar waren verwerkt. Door een aantal onvolkomenheden kwam het niet tot een toepassing ervan en ebde de interesse ervoor weg. Pas in de jaren dertig gingen de krijgsmacht en de industrie van de Verenigde Staten, Duitsland en Groot-Brittannië investeren in 'radio detection and ranging', later kortweg radar genoemd. Tot het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog werkte ieder land op eigen houtje. Er was geen uitwisseling van kennis; geheimhouding domineerde het onderzoek.

Een groot probleem was aanvankelijk het opwekken van een krachtige pulsgolf. De Britten slaagden er in 1939 als eersten in om een resonantiemagnetron te bouwen, een elektronenbuis die krachtige pulsen van hoogfrequente golven voortbracht. Ook bezaten zij reeds in 1937 een landelijk radarsysteem dat waarschuwde tegen vijandelijke vliegtuigen. Bij de Slag om Engeland in het najaar van 1940 waren zij daarmee in staat om de schaarse Britse jachtvliegtuigen tijdig naar de door Duitse bommenwerpers bedreigde sectoren te dirigeren.

Radar speelde in de oorlog een belangrijke rol bij het opsporen van vliegtuigen, het in kaart brengen van het slagveld en bij het opsporen van onderzeeboten, die met hun periscoop en metalen huid op het zeeoppervlak voor radar zichtbaar waren. De technologie beleefde tijdens de oorlog haar doorbraak.

In Nederland vond een eerste experiment in 1936 plaats. Met een kortegolfzender en een ontvanger werden korte en zwakke gereflecteerde signalen van 'kraaien en meeuwen vliegend in de buurt van de ontvanger' waargenomen. Jhr.ir. J.W.L.C. von Weiler, medewerker van het toenmalig Laboratorium voor Fysische Strijdmiddelen van de krijgsmacht (toen nog bekend als het Meetgebouw en na 1941 Fysisch Laboratorium geheten), was een van de onderzoekers. Hij herhaalde het experiment met een vliegtuig dat de opdracht kreeg over de Waalsdorpervlakte heen en weer te vliegen. Dit leverde 'zeer duidelijke reacties' op.⁹⁹ Von Weiler zette het onderzoek naar radar voort en na drie jaar experimenteren en ontwikkelen, met daarbij de nodige tegenwerking van militairen die niets zagen in de kwetsbare apparatuur, was er een prototype gereed. Nieuw hieraan was dat de zender geen continue golf maar impulsen uitzond, en een schakelaar had die de zender direct na de zendimpuls uitzette. Op deze wijze was er slechts één antenne nodig voor zowel het zenden als het ontvangen.

In 1939 kreeg de Nederlandse Seintoestellen Fabriek de opdracht voor de levering van 50 van deze apparaten. Bij de Duitse inval waren er vier gereed. De ontwerp-tekeningen nam Von Weiler in mei 1940 mee naar Engeland. Later doken daar ook nog twee apparaten op die door een laboratoriummedewerker via IJmuiden met een ontsnapt vrachtschip waren opgestuurd. Een van deze apparaten werd als vuurleidingsradar op de in Engeland verblijvende, Nederlandse torpedobootjager 'Isaac Sweers' geplaatst. De installatie was van een Engelse antenne voorzien, die beter functioneerde dan de Nederlandse. De 'Sweers' gebruikte deze radar in de Middellandse Zee, maar werd kort daarna getorpedeerd, zodat er geen uitgebreide praktijkervaring van het apparaat bekend is.¹⁰⁰

Na de oorlog keerde Von Weiler met een rijke ervaring op het gebied van de radartechnologie terug naar Nederland. Hij werd medewerker van de Marine Radio Dienst, die aan de basis stond van het Laboratorium voor Elektronische Ontwikkeling van de Marine (1950). Dit laboratorium werd in 1955 omgevormd tot het Laboratorium voor

Elektronische Ontwikkelingen voor de Krijgsmacht (LEOK). Von Weiler werd de directeur. Het onderzoek naar radar was de belangrijkste activiteit van het laboratorium en de Koninklijke Marine was de grootste opdrachtgever. In de jaren vijftig en zestig werkte de Marine aan de wederopbouw van de vloot, die in de Tweede Wereldoorlog groten-deels verloren was gegaan. Het ontwerpen van schepen (inclusief de toepassing van radar) hield zij zoveel mogelijk in eigen hand.

Het Fysisch Laboratorium ging na de oorlog deel uitmaken van de in 1946 opgerichte Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Er bleef nog genoeg te doen op het terrein van de radartechnologie: achtergrondonderzoek naar microgolven, reflectiekaracteristieken van de zee, radarabsorberende materialen, ferrietenonderzoek, phased array-antennes, meetradars, camouflagetechnieken, etc.

Een apart project was het ontwerpen van een systeem om de radarwaarneembaarheid van kleine objecten te verbeteren. Aan de basis van dit onderzoek lag een verzoek van de Koninklijke Luchtmacht om radarreflecties van zweefvliegtuigen beter zichtbaar en herkenbaar te maken. Er ontstonden vooral bij vliegvelden nogal eens gevaarlijke situaties. Het probleem werd opgelost door een zweefvliegtuig te voorzien van een zogeheten radartransponder. Dit was een combinatie van enerzijds een kleine radar-ontvanger en anderzijds een zendertje dat de radarimpulsen die het zweefvliegtuig had ontvangen, op een andere frequentie versterkt terugzond naar een grondontvanger. Deze maakte de versterkte reflecties zichtbaar op de monitor van de grondradar. Aan de teruggestuurde transponderreflecties kon een typerende vorm worden gegeven. Hierdoor waren de zweefvliegtuigen direct als zodanig herkenbaar.

Desondanks verloor de luchtmacht zijn belangstelling voor het ontwerp, maar de marine pakte het project weer op. Het laboratorium kreeg midden jaren zestig de opdracht om een radartransponder te bouwen voor de helikopters van een moederschip. Wanneer de helikopters laag en dicht bij het moederschip vlogen, waren ze niet zichtbaar op de radar. Na talloze proeven werd een goed functionerende transponder met een zeer klein vermogen en twee daarbij behorende antennes ontworpen. Het systeem kreeg de codenaam Vesta. De marine bestelde in 1968 25 systemen die, bij gebrek aan belangstelling vanuit de industrie, door medewerkers van het Fysisch Laboratorium TNO zelf werden geproduceerd in samenwerking met het Delftse bedrijf Enraf-Nonius. Begin jaren zeventig werden zes fregatten van de marine ermee uitgerust. Het systeem werd daarna voortdurend aangepast en verbeterd. Ook marines van NAVO-partners plaatsten orders voor Vesta-transponders.¹⁰¹

PHASED ARRAY-RADAR

Na de integratie van de twee laboratoria in de jaren tachtig - Fysisch Laboratorium TNO en LEOK - ontstond het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO. Hiermee kwam het gehele radaronderzoek onder de Rijksverdedigingsorganisatie TNO te vallen. Een van de meest innovatieve ontwikkelingen in die periode was die van de zogeheten phased array-radar. De radarwaarnemingen kwamen tot die tijd tot stand via een ronddraaiende antenne, die doorgaans vrij veel plaats innam. Een dergelijk systeem was kwetsbaar vanwege de bewegende delen en de omvang. Een phased array-antenne is daarentegen opgebouwd uit een groot aantal kleine antennes, met ieder een eigen zender. Wanneer de meest linkse antenne het eerst aangezet wordt en daarna opeenvolgend de andere antennes, dan wordt het stralingspatroon in een gewenste richting versterkt en in een andere richting onderdrukt. Door nu voor ieder los antenne-element apart het inschakelmoment, de fase draaiing, te kiezen, is het mogelijk de antennebundel te richten en van richting te laten veranderen. De antenne zelf blijft

echter stilstaan. De berekening van de fasedraaiing en het richten van de antennebundel gebeurt door een computer.

Het grote voordeel van de phased array-radar is dat deze een groot aantal doelen voortdurend en tegelijk kan volgen. Bij een ronddraaiende radar is dat niet mogelijk. Met de phased array-radar kunnen bovendien verschillende taken worden gecombineerd. Door het beperkte ruimtebeslag zijn ze verder goed toepasbaar in vliegtuigen. Op schepen kunnen ze worden samengebracht op een platform.¹⁰²

De phased array-techniek was in de jaren veertig al bekend, maar de benodigde elektronica bleek nog te kostbaar en de behaalde resultaten waren onnauwkeurig. De invoering van geïntegreerde elektronica maakte dit type radar betrouwbaarder en leidde tot een versnelling in de ontwikkeling. In de jaren zeventig ontstond het idee dat voor de constructie van de antenne het materiaal ferriet geschikt was. Dit was een keramisch materiaal - een onder hoge temperatuur tot stand gekomen metaalmengsel - met als hoofdbestanddelen mangaan en zink of zink en nikkel. Ferriet was zeer geschikt voor de productie van hoogfrequente schakelingen, zogenaamde fasedraaiers.

In 1979 slaagden onderzoekers van TNO erin om de Computer Assisted Inertialless Scanning System Array (Caissa)-antenne te construeren. Hoofdonderdeel waren 850 van ferriet gemaakte fasedraaiers. Het prototype werd bij TNO zelf in elkaar gezet met medewerking van Hollandse Signaal Apparaten NV (nu Thales Nederland).

Gebruik makend van de Caissa-antenne ontwikkelden de onderzoekers vervolgens de phased array-radar Fucas (Follow up Caissa). Na Fucas volgde het Toecan (Toepassing Caissa-achtige nieuwigheden)-project. Het ging hierbij om een zoek- en volgradar voor meerdere luchtdoelen. Het project werd wederom uitgevoerd in samenwerking met Hollandse Signaal Apparaten NV. Daarnaast zochten de onderzoekers naar een zo efficiënt mogelijk systeembeheer van deze radar.¹⁰³

Een volgende stap werd gezet met de toepassing van Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMIC's) in de phased array-radar. Dit gebeurde in nauwe samenwerking met Philipsvestigingen in Nederland en Frankrijk. De voorganger van de MMIC was de Microwave Integrated Circuit (MIC), beter bekend onder de naam microgolfchip. Deze was eind jaren vijftig in de Verenigde Staten bedacht. De MIC's werden aanvankelijk bij militaire experimenten en in de ruimtevaart ingezet. De chip was een microgolfschakeling waarvan de transistors en andere elektronische componenten in een dun laagje silicium waren ingebouwd.

Door zijn grote inzetbaarheid en beperkt ruimtebeslag betekende de chip een revolutie in de elektrotechniek. De miniaturisering van radar en andere apparatuur was erdoor mogelijk. In de jaren zestig startten de twee laboratoria die zich met radar bezighielden, het Fysisch Laboratorium TNO en het LEOK, met het ontwerpen, produceren en testen van MIC's. In de jaren tachtig en negentig diende de MMIC zich vervolgens aan. Dit was een chip op een gallium-arseenbasis. Ook van de MMIC's vond het ontwerp en testtraject plaats op het laboratorium van TNO. De productie gebeurde echter bij een gespecialiseerd bedrijf.

De MMIC heeft grote voordelen. De stap naar de Active Phased Array Radar (APAR) is erdoor mogelijk geworden. In dit type radar heeft ieder antenne-element zijn eigen vermogensversterker. De toepassing van een groot aantal van die versterkers maakt het gebruik van de voordien toegepaste speciale radiobuizen als de magnetron en zijn opvolgers overbodig. Deze gebruiken veel elektriciteit en nemen veel plaats in. Ook zijn de MMIC's de fasedraaiers van ferriet gaan vervangen, omdat de fasedraaiers niet langer tegen hoge vermogens bestand hoeven te zijn. Dit is gunstig omdat de MMIC's kleiner, goedkoper en betrouwbaarder zijn en bovendien sneller schakelen.¹⁰⁴

De onderzoekers gebruikten de MMIC-techniek voor het eerst in de Experimental Phased Array Radar (Expar), waaraan zij vanaf 1989 samen met Hollandse Signaal Apparaten NV werkten. De bedoeling was een kostenefficiënt, multifunctioneel radar-systeem te ontwerpen dat taken kon uitvoeren zoals het herkennen, volgen, aanlichten en classificeren van een doel en het beoordelen van de eigen wapeninzet.

Uitgaande van Expar ontwierp het Franse Thomson in samenwerking met het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO het APAR-systeem. Thomson had Hollandse Signaal Apparaten NV in 1990 van Philips overgenomen. In 2000 ging Thomson op zijn beurt op in de Thales-groep. Het APAR-project was een gezamenlijke onderneming van de Nederlandse, Duitse en Canadese marine.

De APAR is in de eerste plaats bedoeld voor de vier fregatten van de Zeven Provinciën-klasse en drie fregatten van de Duitse marine. De Canadese marine zal de radar waarschijnlijk op een aantal gerenoveerde fregatten plaatsen. Het APAR-systeem bestaat uit vier radarsensoren met per sensor bijna 3500 kleine zender-ontvanger-modules. Het is onder meer in staat 200 luchtdoelen te volgen binnen een bereik van 150 km en 150 oppervlakte-doelen binnen een bereik van 32 km. Het kan een horizon-scan maken tot een afstand van 75 km. Verder is de radar in staat raketten te geleiden en anti-radartechnieken te bestrijden.¹⁰⁵

Eind november 2003 vond ter hoogte van Madeira in de Atlantische Oceaan een proef plaats. Een Griekse marineploeg lanceerde twee onbemande doelvliegtuigjes. Die werden door afweerraketten, afgeschoten vanaf de 'Zeven Provinciën', uit de lucht gehaald. De geleiding van deze raketten naar het doel gebeurde met het APAR-systeem.¹⁰⁶ Ook latere succesvolle proeven met nog meer doelen toonden de effectiviteit en betrouwbaarheid van het radarsysteem aan.

NEDERLAND RADARLAND

TNO en de krijgsmacht kenden een lange onderzoekstraditie op het gebied van radar-technologie. Die traditie bouwden zij grotendeels op eigen kracht op. Weliswaar was er altijd vrij toegankelijke kennis beschikbaar, maar veel informatie bleef geheim. De koplopers in radartechnologie, met name de Verenigde Staten en Groot-Brittannië, waren er niet op gebrand om kennis en ervaring te delen. Desondanks slaagden de radar-onderzoekers van TNO erin om tot de kopgroep op dit gebied door te dringen. Een indicatie daarvoor is het aantal publicaties in het wetenschappelijk toptijdschrift van 's werelds grootste professionele vereniging, IEEE, dat oorspronkelijk stond voor Institute of Electrical and Electronics Engineers.¹⁰⁷ Tussen 2001 en 2010 publiceerden de TNO-onderzoekers circa 120 artikelen over radar, terwijl de onderzoekers van het Britse defensie-instituut, Qinetiq, ongeveer 135 artikelen publiceerden, de onderzoekers van het Franse Onera eveneens zo'n 135 en die van het Amerikaanse Naval Research Laboratory ongeveer 50.¹⁰⁸

Tot de onderzoekstraditie behoorde van het begin af aan naast het verkennend onderzoek ook het ontwikkelen van nieuwe apparaten en systemen en het maken van prototypen. Daarmee maakte TNO deel uit van trajecten die tot innovaties op het gebied van radar konden leiden. In de laatste decennia speelt TNO een sleutelrol in dergelijke innovatietrajecten, met name die voor de Koninklijke Marine. Aan die trajecten nemen ook andere partijen deel, onder andere de Technische Universiteit Delft en Thales Nederland. Sinds 2002 hebben deze partijen, samen met de Koninklijke Marine en het ministerie van Economische Zaken, het Platform Nederland Radarland opgericht. Dit platform beoogt 'een krachtenbundeling van verschillende organisaties in ons land die betrokken zijn bij wetenschappelijk onderzoek en de ontwikkeling van radartechnologie. Bovendien versterkt de oprichting van het platform de nationale en internationale

positie van Nederland op het gebied van radartechnologie ...¹⁰⁹

Voor Thales Nederland zijn de bijdragen van de kennisinstellingen uitermate relevant. Van haar omzet bestaat 75% uit export, en vooral die van radarsystemen voor buitenlandse krijgsmachten. Dat is uitzonderlijk voor ondernemingen in de wapenindustrie, die hun basis allereerst vinden in de nationale krijgsmacht. De nauwe relatie tussen Thales Nederland en TNO staat aan de basis van de sterke internationale, technisch-economische positie van deze industrietak.

Hans Schippers en Harry Lintsen

EPILOOG: GESCHIEDENIS EN TOEKOMST

De TNO-wet van 1930 gaf TNO uitdrukkelijk de opdracht om het onderzoek waarbij de rijksoverheid betrokken was, te gaan coördineren: 'Zij bevordert de eenheid in de bemoeiing van het Rijk met het toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek benevens de algemeene samenwerking op dit gebied ...'¹ Coördinatie was naast het doen van onderzoek een van de twee hoofd-taken van TNO. Daarover gaat dit hoofdstuk.

De commissie die de oprichting van TNO voorbereidde - de commissie-Went uit de jaren twintig - was van mening dat de kennisinfrastructuur in Nederland te complex was geworden. Reeds voor de Tweede Wereldoorlog telde ons land honderden laboratoria. Het ontbrak aan een organisatie die de samen-hang in het onderzoek van al die laboratoria kon verzorgen.

Die coördinatietaak werd in de TNO-wet van 1985 TNO uitdrukkelijk afgenomen. 'De ontwikkeling van TNO tot een organisatie, die in hoofdzaak zelf onderzoek uitvoert ...', zo stond er in de *Memorie van Toelichting* te lezen, '... maakt het gewenst de opdracht tot nationale coördinatie in te trekken, aangezien beide functies als onverenigbaar moeten worden beschouwd.'² Wat was er in die tussentijd gebeurd? TNO was altijd al een onderzoeksorganisatie geweest en had dat decennialang gecombineerd met een rol als coördinator. Waarom waren die twee taken nu niet meer verenigbaar? Op welke wijze organiseerde het rijk vanaf die tijd de coördinatie van TNO?

Sinds enkele jaren staat het coördinatievraagstuk wederom in de belangstelling. Een studie van het Rathenau Instituut laat zien dat het aantal coördinatie-instrumenten sinds de jaren tachtig sterk is toegenomen. Bij coördinatie gaat het om het scheppen of versterken van relaties tussen de activiteiten in het onderzoekssysteem. Die coördinatie is van belang voor de programmering van het onderzoek, voor de kennisoverdracht en voor de afstemming van het onderzoek tussen laboratoria. Een betere coördinatie zou de effectiviteit van het onderzoek verhogen in de zin dat het onderzoek beter zou zijn afgestemd op maatschappelijke prioriteiten, doelmatiger zou worden ingezet en doeltreffender zou bijdragen aan innovatieprocessen.

De vraag van het Rathenau Instituut is of een betere coördinatie en aansturing van het onderzoek de afgelopen decennia ook is gelukt. 'Wordt het onderzoekssysteem door een teveel aan sturingsinstrumenten niet juist stuurloos?', zo luidt de retorische vraag.³ Een belangrijk coördinatiemechanisme van de overheid is de verdeling van de onderzoeksgelden via organen die daarvoor speciaal in het leven worden geroepen. Met de toename van de coördinatieorganen, zo stelt de Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT), 'ontstaat er ... een risico op een gebrek aan samenhang in de financiering en sturing van het onderzoek en aan transparantie'.⁴ TNO heeft ook met deze nieuwe situatie te maken. Wat is haar rol daarin? Wat wordt er van haar verwacht? Welke nieuwe perspectieven dienen zich voor haar aan?

'VERSNIPPERING VAN KRACHTEN EN GEBREK AAN SYSTEEM'

Met deze woorden sloot de commissie-Went haar beschouwingen af over de samenhang in het onderzoekssysteem van Nederland in de jaren twintig van de vorige eeuw. Zij voegde daar meteen aan toe dat de overheid weinig te verwijten viel. De situatie was historisch zo gegroeid. Het fenomeen 'laboratorium' had zijn eigen dynamiek gekend. Aan de universiteiten waren talrijke laboratoria ontstaan. Het rijk had tientallen keurings-

laboratoria en proefstations in het leven geroepen. Ook de industrie ontdekte in toenemende mate de waarde van het laboratorium. Er was echter een zekere vorm van wildgroei ontstaan: 'Men krijgt hier wel sterk de indruk, dat toevalligheden hebben bepaald, welke takken van industrie of welke bedrijven door wetenschappelijk onderzoek zijn gesteund.' De tijd was nu voorbij '... waarin ongeordend mag worden opgetreden en waarin het toeval mag bepalen, welk deel van de veelomvattende taak wèl en welk niet tot zijn recht moet komen.'⁵

Die taak was het zo efficiënt mogelijk verrichten van toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek. Daarvoor was samenwerking een vereiste. Die samenwerking mocht min of meer worden afgedwongen. Dat gold overigens niet voor het universitair onderzoek. Daar was vrijheid van onderzoek het hoogste goed en kon samenwerking alleen op basis van vrijwilligheid geschieden. Voor al het andere onderzoek gold dat niet: 'De groote mate van vrijheid, die voor zuiver wetenschappelijk onderzoek een levenseisch is, zou echter de resultaten van toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek in gevaar kunnen brengen.' De onderzoeksinstituten dienden nieuwe en betere keurings- en analysemethoden te leveren. De keuringslaboratoria deden de keuringen en brachten de problemen van de dagelijkse praktijk in. Keuringslaboratoria en rijksonderzoeksinstituten konden alleen goed presteren door een hechte samenwerking. Zo waren er ook intensieve contacten nodig tussen de keuringslaboratoria onderling, de onderzoeksinstituten onderling, de onderzoeksinstituten en de universiteiten (op basis van vrijwilligheid) en tussen de onderzoeksinstituten en de industrie. De 'toegepast-natuurwetenschappelijke' onderzoekers moesten kennis van de stand van de wetenschap hebben, van elkaar leren en zich op de relevante problemen van de praktijk focussen.

De taak van TNO was om die samenwerking en contacten te organiseren. Het was de bedoeling van de commissie-Went om alle overheidslaboratoria bij TNO onder te brengen, behalve die van de universiteiten. Het parlement week daar echter van af. De keuringslaboratoria bleven bij de ministeries omdat zij wettelijke taken moesten ondersteunen. Daarnaast weigerden enkele ministeries, waaronder het ministerie van Landbouw, hun onderzoeksinstituten over te dragen (zie hoofdstuk 2). Er bleef echter een omvangrijk onderzoeksveld over, dat TNO moest gaan coördineren. Op welke wijze deed zij dat?

DE GEMENGDE ORGANISATIE

De vorm van TNO om onderzoek te coördineren was de 'gemengde organisatie'. Dat wilde zeggen, dat nagenoeg alle bestuurs- en overlegorganen binnen TNO samengesteld waren uit belanghebbenden met verschillende maatschappelijke achtergronden. Over dit type coördinatievorm is nog weinig bekend. Op basis van het onderzoek naar de geschiedenis van TNO trachten wij tot een eerste karakterisering te komen.

De 'gemengde organisatie' had binnen TNO als algemene doelstelling het onderzoek op haar domein te bevorderen en in te richten, de relevante partijen daarvoor te mobiliseren en de kennisoverdracht binnen het domein te organiseren. Dat domein kon breed geformuleerd zijn, bijvoorbeeld als 'nijverheid' in het geval van de Nijverheidsorganisatie TNO, of smaller, bijvoorbeeld 'hout' in het geval van het Houtinstituut TNO, of nóg smaller, bijvoorbeeld 'lastechniek' in het geval van het Centrum voor Lastechniek. In al deze gevallen was er niettemin sprake van een 'gemengde organisatie'.

In het bestuur van deze TNO-organisaties hadden in principe vier categorieën personen zitting: personen van TNO, van de overheid, van kennisinstellingen en uit het werkveld. Ging het om organisaties die actief waren voor de industrie, dan ging het meestal om vertegenwoordigers van het ministerie van Economische Zaken, de

Technische Universiteit Delft en van de desbetreffende industriële sector. Ging het om gezondheid, dan was doorgaans het ministerie van Volksgezondheid vertegenwoordigd, naast universiteiten, (academische) ziekenhuizen en andere organisaties uit de gezondheidszorg. Bij voeding was het bestuurlijk gezelschap wat meer gemêleerd, omdat zowel de industriële sector als de gezondheidssector vertegenwoordigd was.

De 'gemengde organisatie' vond men vooral bij de Nijverheidsorganisatie TNO en de Voedingsorganisatie TNO. Defensie kende dat fenomeen nauwelijks. De Rijksverdedigingsorganisatie TNO nam - zoals wij in deel III hebben gezien - binnen TNO een bijzondere plaats in. Het was het 'huislaboratorium' van Defensie. Ook binnen de Gezondheidsorganisatie TNO kwam men de 'gemengde organisatie' weinig tegen, maar daar hadden alle onderzoeksinstituten 'raden van toezicht en advies', en die hadden eveneens een 'gemengd' karakter. Het verschil met de Nijverheidsorganisatie TNO en de Voedingsorganisatie TNO was dat deze raden niet beslissingsbevoegd waren.

Het 'gemengde' karakter kwam men in vele organen van TNO tegen: behalve bij besturen en raden ook bij commissies, werkgroepen, centra, et cetera. Zo had het Metaalstituut TNO, vallend onder de Nijverheidsorganisatie TNO, diverse afdelingen onder zijn hoede, waaronder het Centrum voor Metaalbewerking. Dit centrum kende twee commissies, een voor advies en een voor de documentatie. De nijverheidsorganisatie, het instituut, het centrum en de commissies waren nagenoeg uitsluitend door externe personen bemand. TNO was van hoog tot laag één groot samenwerkingsverband: van de Centrale Organisatie tot de werkgroepen en commissies. En dat voor een breed veld in de samenleving.

De Centrale Organisatie TNO en de vier Bijzondere Organisaties bepaalden de algemene kaders waarbinnen TNO werkte.⁶ Zij bogen zich over het oprichten en opheffen van onderzoeksinstituten, de budgetten en de financiële verantwoording van de instituten, het instellen van verkenningscommissies, de huisvesting, algemene personeelszaken, pensioenfondsen, de geneeskundige dienst en dergelijke. Het oprichten of incorporeren van nieuwe onderzoeksinstituten was een cruciale beslissing. De kiemen van de meeste onderzoeksinstituten waren al vóór of in de Tweede Wereldoorlog gelegd. Daarna verliep het proces doorgaans evolutionair. Nieuwe instituten splitsten zich af van bestaande. Zo stond het Centraal Instituut voor Materiaalonderzoek aan de wieg van zes onderzoeksinstituten (waaronder die voor hout, verf en bouwmaterialen) en werd het begin jaren vijftig opgeheven. De Centrale Organisatie TNO besliste uiteindelijk over deze kwesties, over de begroting van TNO en daarmee over het totale onderzoeksprogramma. De coördinatie en de sturing van het onderzoek vonden echter (met uitzondering van het defensieonderzoek) op een ander niveau plaats, namelijk dat van het onderzoeksinstituut en de daarmee verbonden gemengde organisatie. Hoe deden zij dat?

Het bestuur van zo'n instituut kwam doorgaans niet zo vaak bij elkaar (één tot twee keer per jaar), maar in het bestuur kwamen wel diverse lijnen bij elkaar. Bestuursleden hadden regelmatig contact met externe partijen, werkgroepen en commissies. Een belangrijke externe partij was de researchvereniging, maar het konden ook branche-organisaties zijn of door de overheid en industrie ingestelde organisaties. De researchverenigingen deden zelf geen onderzoek, maar verzamelden onderzoeksgelden, formuleerden onderzoeksagenda's en zetten onderzoek uit. In 1968 telde de Nijverheidsorganisatie circa 74 researchverenigingen. Vermoedelijk rekende zij daar ook de andere typen organisaties toe. Via de externe partijen kon een onderzoeksinstituut een omvangrijk netwerk opbouwen. Niet onbelangrijk was ook de huisvesting: deze was er deels op gericht om de instituten in de regio's van specifieke industriële sectoren te vestigen. Zo zat het Leerinstituut TNO in Waalwijk, het centrum van de leer- en schoenenhandel.⁷

Het Vezelinstituut TNO had zelfs in meerdere regio's vestigingen: in Tilburg (het centrum van de wolindustrie), in Enschede (het centrum van de katoenindustrie) en in Delft (vanwege de aanwezigheid van de Technische Universiteit). Het kende formele relaties met vier researchverenigingen: Textiel Research Vereniging 'De Voorzorg', Research Vereniging van de Nederlandse Wolindustrie, Research Vereniging voor de Meubel- en Matrassenindustrie en de Researchgroep voor de Confectie-industrie en de Papierindustrie. Hieronder vielen vervolgens meer dan dertig werkgroepen en commissies. De meeste kwamen om de paar maanden bij elkaar. Al die bijeenkomsten werden door de directie of de medewerkers van het instituut bezocht.⁸ De meeste instituten hadden evenwel een kleiner netwerk. Het Houtinstituut had nauwe relaties met de Researchvereniging voor de Houtindustrie en het Centrum voor Houtresearch.⁹ Het Instituut voor Visserijproducten TNO had ze met het Produktschap voor Vis en Visproducten.¹⁰ Maar ook in deze gevallen was er een subtieler netwerk via werkgroepen en commissies.

In sommige gevallen waren de werkgroepen en commissies het initiatief van de researchvereniging, in andere gevallen van het onderzoeksinstituut. Zij werden bevolkt door de praktijkmensen, technici en ingenieurs uit de bedrijven, vaak ook door onderzoekers van de universiteiten - met name de Technische Universiteit Delft - en soms door overheidsambtenaren, wanneer de thematiek het overheidsbeleid raakte. Samen met de mensen van TNO bepaalden zij de thema's van het collectieve onderzoek, dat in die tijd het 'vrije speurwerk' werd genoemd en veelal een verkennend karakter had. Zij vormden de basis van het collectieve onderzoeksprogramma van TNO. Daarnaast hadden de onderzoeksinstituten via hun netwerken contacten met afzonderlijke bedrijven. Die contacten konden leiden tot contractonderzoek. Dit onderzoek vormde het andere deel van het onderzoeksprogramma van TNO. (Zie ook het volgende hoofdstuk.)

Het was overigens niet zo dat de onderzoeksinstituten hun gehele budget besteedden aan de laboratoria die onder hen vielen. Indien nodig besteedden zij het onderzoek uit aan andere TNO-instituten; onderlinge samenwerking kwam regelmatig voor. Soms werd het onderzoek uitbesteed aan laboratoria buiten TNO; de Gezondheidsorganisatie TNO deed dat het meest en ze gaf in de jaren vijftig en zestig ook regelmatig subsidies aan (academische) ziekenhuizen.

Ook was het niet zo dat het onderzoeksinstituut de enige organisatie in een sector was met een coördinerende taak. Er bestonden andere organen die dit deden, zoals de Voedingsraad, de Gezondheidsraad, de Commissie voor Vervoersonderzoek en het Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR). Hun rol in de coördinatie en sturing was veelal adviserend. In enkele gevallen beschikten zij over een budget voor het laten doen van onderzoek. Vaak zaten de directeuren van de TNO-instituten in dergelijke organen om het beleid op elkaar af te stemmen.

Vermoedelijk lag het zwaartepunt van de coördinatie en sturing in de meeste gevallen echter toch bij TNO. Een uitzondering was het CUR, dat in de bouwsector als een spin in het onderzoeksweb fungeerde.

Hoe optimaal functioneerde dit systeem van coördinatie en sturing? Dat is met de huidige kennis moeilijk te zeggen. De jaarverslagen ademen in de jaren vijftig en zestig een sfeer van harmonie uit. De relaties waren uitstekend. Het onderzoek werd relevant gevonden. De betrokkenen waren tevreden. In de beginperiode van TNO las men nog over een gebrek aan belangstelling voor onderzoek bij de industrie, maar ook dat geluid ebde weg. Soms was er een melding over het slecht functioneren van een researchvereniging, zoals in het geval van de schoenindustrie. Dat gebeurde bij uitzondering. Een terugkerend probleem was vooral de spanning tussen collectief en contractonder-

zoek. De hoeveelheid onderzoeksopdrachten zette de tijdsbesteding aan collectief onderzoek regelmatig onder druk. Het ontbreken van kritiek was echter niet zo verwonderlijk. Men zou de vuile was niet snel buiten hangen.

Een andere, veelzeggende indicatie was de bereidheid om instituten financieel te ondersteunen. De onderzoeksinstituten kregen hun inkomsten uit opdrachten, subsidies van de overheid (via de Centrale Organisatie TNO) en subsidies van externe partijen (met name het bedrijfsleven). De grootte van deze drie financiële bronnen verschilde sterk van instituut tot instituut (zie voor 1955 tabel 3.7). Subsidies van het bedrijfsleven kwamen doorgaans niet boven 20% van de omzet uit. Het Vezelinstituut TNO was met 26% een uitzondering. Het Kunststoffeninstituut TNO en het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies scoorden met respectievelijk 2 en 6% onverwacht laag. Zij haalden echter een belangrijk deel van hun omzet uit contractonderzoek (respectievelijk 58 en 54%).

In hoeverre vielen de subsidies van het bedrijfsleven tegen? De overheid had zich verplicht om iedere subsidie uit de private sector met een eigen subsidie te verdubbelen. Aan die verplichting voldeed zij ruimschoots. Het Wasserij-Instituut TNO was vermoedelijk het enige onderzoeksinstituut waarbij de subsidies van de overheid en het bedrijfsleven met elkaar in evenwicht waren (respectievelijk 18 en 20%). Bij nagenoeg alle instituten bleek de overheidssubsidie als percentage van de omzet vele procenten hoger te liggen dan die van het bedrijfsleven. Zo gold voor de Nijverheidsorganisatie TNO in 1955: 52% overheidssubsidie, 8% subsidie van het bedrijfsleven en 38% contract-onderzoek. Die verhouding leverde nauwelijks discussie op.

Blijkbaar waren er voor de overheid nog andere redenen om TNO ruimhartiger te subsidiëren dan door het simpelweg verdubbelen van de subsidie uit particuliere bronnen. Voor sommige onderzoeksterreinen waren nauwelijks kapitaalcrachtige externe partijen te vinden, bijvoorbeeld op het gebied van de volksgezondheidszorg. Op andere terreinen moest TNO competenties opbouwen die niet direct uitgebaat konden worden, zoals bij de kunststoffen. Soms waren er investeringen in onderzoek nodig met een toepassingsperspectief op de lange termijn, onder andere bij het onderzoek naar kanker. In vele gevallen wilden de onderzoeksinstituten echter speelruimte hebben om naar eigen inzichten onderzoeksthema's te verkennen. Die inzichten waren dan wel gebaseerd op het overleg tussen TNO, bedrijfsleven, kennis-instellingen en overheid in besturen, werkgroepen en commissies.

Een andere indicatie voor het functioneren van het coördinatiesysteem zou de toegevoegde waarde van het onderzoek kunnen zijn. Was het TNO-onderzoek van nut? Bij contractonderzoek mag men veronderstellen dat het antwoord doorgaans positief moet zijn geweest. Immers, bedrijven wilden waar voor het geld dat zij in een individuele onderzoeksopdracht investeerden. Maar hoe zat dat met de investeringen uit collectieve middelen van overheid en bedrijfsleven? In welke mate én op welke wijze werd het collectieve onderzoek ten nutte gemaakt? Dit thema staat centraal in het volgende hoofdstuk.

NAAR ANDERE VORMEN VAN COÖRDINATIE EN STURING

In 1980 werd de gemengde organisatievorm van TNO opgeheven. Tot die tijd zorgden breed samengestelde besturen, commissies en werkgroepen voor de programmering van het TNO-onderzoek en voor de afstemming van dit onderzoek op de behoeften van het bedrijfsleven en de overheid. Tevens stemden zij het onderzoek af op het onderzoek dat elders gebeurde, met name op de universiteiten en de industriële en rijkslaboratoria.

Na 1980 was coördinatie echter geen hoofddoelstelling meer. TNO ging zich primair richten op onderzoek en zich organiseren als een onderneming, met een raad van bestuur als hoogste bestuursorgaan en verder met hoofddirecties voor de hoofdgroepen en directies voor de instituten. De vertegenwoordigers van maatschappelijke organisaties verdwenen uit de besluitvormende lichamen van TNO. Zij zaten nog wel in adviesorganen. Deze omslag stond niet op zichzelf. In de jaren zeventig stonden diverse onderdelen van de kennisinfrastructuur in Nederland al ter discussie. De veranderingen bij TNO kunnen alleen worden begrepen indien die bredere context wordt meegenomen. Wij richten ons met name op de infrastructuur van het collectieve onderzoek. Bij collectief onderzoek gaat het om onderzoek dat uit overheidsmiddelen gefinancierd is, eventueel aangevuld met private middelen, en waarvan de resultaten tot het publieke domein behoren en vrij beschikbaar zijn (of voor iedereen beschikbaar onder dezelfde voorwaarden).¹¹

Na de Tweede Wereldoorlog werd het collectieve onderzoek in Nederland 'bottom-up' gecoördineerd en gestuurd. Dergelijk onderzoek werd verricht aan de universiteiten, aan de academisch georiënteerde onderzoeksinstituten als het Nederlands Centraal Instituut voor Hersenonderzoek en aan de technologisch georiënteerde kennisinstellingen als TNO, het Waterloopkundig Laboratorium en het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation.¹² Al deze organisaties kregen een basisfinanciering van de overheid. Dat was voor de meeste ook de belangrijkste financieringsbron. Voor TNO liep die bron gestaag terug. Aan het einde van de jaren zeventig bestond 55 tot 60% van haar omzet uit overheidssubsidie. Universiteiten en de academisch georiënteerde onderzoeksinstituten ontvingen naast basisfinanciering nog subsidies van de in 1950 opgerichte Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO, tegenwoordig NWO).

Er bestonden in die periode drie vormen van coördinatie om de middelen te verdelen en het onderzoek te organiseren. Op de universiteiten was dat een zaak van hoogleraren en Senaat. De Senaat (bestaande uit de gezamenlijke hoogleraren) vormde samen met de Curatoren (een college van maatschappelijke personen) het universitair bestuur. De Senaat had echter de zwaarste stem in het onderzoek en onderwijs. In de praktijk gaf iedere hoogleraar een eigen invulling aan zijn onderzoeksopdracht. Ook voor de academisch georiënteerde kennisinstellingen gold dat de onderzoeksprogrammering hoofdzakelijk een interne aangelegenheid was.

Daartegenover stond de onderzoeksprogrammering van TNO. Die kwam tot stand - zoals wij hebben gezien - door overleg en onderhandeling van TNO-onderzoekers met maatschappelijke organisaties die in een fijnmazige structuur van 'gemengde organisaties' (breed samengestelde besturen, werkgroepen en commissies) vertegenwoordigd waren. De TNO-onderzoekers hadden dus minder autonomie dan de universitaire onderzoekers. De andere, technologisch georiënteerde kennisinstellingen zullen ook dergelijke elementen van coördinatie hebben gekend, maar vermoedelijk in mindere mate, omdat zij minder afhankelijk waren van opdrachten en subsidies van maatschappelijke organisaties.

Ten slotte was ZWO een belangrijk coördinatieorgaan in de Nederlandse kennis-

infrastructuur. Deze organisatie kreeg subsidie van de overheid, deels voor haar eigen onderzoeksinstituten en deels om onder universiteiten en academisch georiënteerde kennisinstellingen te verdelen. Zij verdeelde de onderzoeksmiddelen via een systeem werden beoordeeld, onderling vergeleken en in een volgorde geplaatst. De beste voorstellen werden gehonoreerd. Coördinatie en sturing waren een academische aangelegenheid op basis van competitie en *peer review*.

Daar waar TNO het belangrijkste coördinatieorgaan was voor 'technologisch' Nederland, was ZWO dat voor 'academisch' Nederland. De wijze waarop de twee organisaties dat deden, verschilde echter volkomen. Weliswaar gebeurde de coördinatie en sturing in beide gevallen van onderop, maar in 'academisch' Nederland regelde men de verdeling van de onderzoeksmiddelen via competitie 'onder professoren' en in 'technologisch' Nederland door overleg binnen de 'gouden driehoek' (onderzoeksinstituten, bedrijfsleven en overheid).

Aan het eind van de jaren zestig raakte het universitair onderzoek in opspraak.¹³ De discussies, die ook consequenties zouden hebben voor TNO, mondden aanvankelijk uit in de Nota Wetenschapsbeleid van 1974. Deze formuleerde vier doelstellingen: 1. afstemming van het universitair onderzoek op de prioriteiten van de samenleving, 2. democratisering van de besluitvorming, 3. bevordering van de doelmatigheid en 4. bevordering van de kwaliteit. De eerste twee doelstellingen droegen duidelijk de sporen van het studentenprotest. De universiteit zou tot een 'ivoren toren' zijn verworven, een in zichzelf gekeerd, wereldvreemd instituut bestaande uit vakidioten. Het verrichte onderzoek zou niet in een maatschappelijke behoefte voorzien, te fundamenteel zijn en te ver van de praktijk verwijderd. De derde doelstelling - over de doelmatigheid - zou aan belang winnen met de toenemende financiële problemen van het rijk. Begin jaren tachtig moesten de universiteiten voor het eerst sinds de oorlog bezuinigen, omdat de basisfinanciering met circa 10% daalde. De vierde doelstelling - over de kwaliteit van het onderzoek - had met de overgang van onderwijs- naar onderzoeksuniversiteit te maken. Universitair onderzoek stond niet langer meer alleen in dienst van het onderwijs. Het was deels een op zichzelf staande activiteit, die naar internationale, wetenschappelijke normen verricht moest worden.

De verdere discussies leidden uiteindelijk tot een grotere invloed van het ministerie van Onderwijs en Wetenschappen. Met nieuwe financieringsmodellen, verplichte onderzoeksevaluaties en de introductie van onderzoeksscholen wilde het ministerie het universitair onderzoek meer gaan sturen. Ook ZWO ontkwam niet aan het debat. Hier wilde het ministerie de organisatie dichter bij zichzelf plaatsen als uitvoerder van het nationale wetenschapsbeleid. Dat proces leidde in 1987 tot de verandering van ZWO in NWO (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek). Zodoende kent het 'academisch' onderzoek sinds de jaren tachtig een nieuwe coördinatie-dimensie: naast 'bottom-up' ook 'top-down'.

De ontwikkelingen rond het universitair onderzoek hebben de discussies over TNO eveneens beïnvloed. 'Vrij speurwerk' was lange tijd een geliefd begrip, dat TNO graag hanteerde voor haar collectief onderzoek.¹⁴ Onder deze noemer maakten de jaarverslagen melding van het onderzoek dat in overleg met maatschappelijke organisaties was vastgesteld. Vanaf de jaren zeventig stond het begrip echter voor een obscure activiteit (zie hoofdstuk 4). Het zou academisch onderzoek betreffen, hobbyïsme van de TNO-onderzoekers, fundamenteel onderzoek dat nauwelijks op de praktijk gericht was. Een reorganisatie van TNO was volgens het ministerie van Onderwijs en Wetenschappen noodzakelijk.¹⁵ Ook de verandering van de onderwijsuniversiteiten in

onderzoeksuniversiteiten speelde TNO parten. Universiteiten gingen de 'markt' op en deden aan contractonderzoek. Het onderzoeksveld was daardoor volgens het ministerie aanzienlijk complexer geworden en niet meer te coördineren door TNO. 'Alles bijeen wijzen de feiten en ervaringen ... erop dat TNO in zijn geheel op basis van een verouderde conceptie functioneert ...'.¹⁶ TNO moest strakker worden aangestuurd door een centraal bestuur, '... dat niet langer het adviseren, stimuleren en coördineren, doch het zelf verrichten van onderzoek en de kennisoverdracht en -implementatie centraal [stelt]', aldus de *Memorie van Toelichting* bij de TNO-wet van 1985.¹⁷ 'De positie van TNO in samenwerkingsrelaties en coördinatiepatronen zal in beginsel niet verschillen van die van andere onderzoekinstellingen.' De *Memorie van Toelichting* sloot echter niet uit '... dat TNO, tengevolge van de breedheid van haar werkgebied, de omvang en kwaliteit van de binnen TNO op bepaalde terreinen aanwezige capaciteit, enz., in vele gevallen een leidinggevende positie in dergelijke verbanden zal bekleden'. Deze positie zou dan wel op een andere wijze moeten worden ingevuld. Over de manier waarop liet de *Memorie van Toelichting* zich niet uit. Ook niet over de wijze waarop dan wel 'technologisch' Nederland gecoördineerd moest worden.

ECONOMISCHE ZAKEN EN HET TECHNOLOGIEBELEID

In het debat rond TNO speelde nog een ander ministerie een rol, namelijk dat van Economische Zaken.¹⁸ Het ministerie had in deze periode een zware verantwoordelijkheid. Tot de jaren zeventig had het vooral met economische groei te maken gehad. Nu moest het een antwoord vinden op een langdurige, economische recessie en een hoge werkloosheid. De werkloosheid liep op van 2% in 1970 tot ruim 10% in 1982. Een van de instrumenten van Economische Zaken om het tij te keren, was zijn industriepolitiek, waarbij het met subsidies bedrijven in nood ondersteunde. Dat beleid leidde tot een drama toen het conglomeraat van scheepsbouw- en metaalverwerkende bedrijven RSV (wat staat voor: Rijn-Schelde-Verolme), in 1983 failliet ging en een omvangrijke subsidiestroom van meer dan een miljard euro had opgeslokt. Allerlei subsidies aan noodlijdende bedrijven werden afgeschaft.

Inmiddels had de minister van Economische Zaken voorzichtig een andere weg bewandeld. Samen met de ministers van Wetenschapsbeleid en van Onderwijs en Wetenschappen stond hij aan de basis van de *Innovatienota* uit 1979. De stelling was dat Nederland internationaal alleen nog kon concurreren met hoogwaardige arbeidsplaatsen en hoogwaardige producten en diensten. Het document voerde een krachtig pleidooi voor het centraal stellen van innovatie. Geen industriepolitiek, maar technologiebeleid. Geen defensieve politiek gericht op problematische bedrijven, maar offensief beleid gericht op het bevorderen van innovaties. De nota zette ook een punt achter een *technology push*-benadering. Niet wetenschap en technologie stonden centraal, maar innovatie en markt. Deze lijn werd doorgezet in het rapport *Plaats en Toekomst van de Nederlandse Industrie* uit 1980 van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid en *Een nieuw industrieel elan* uit 1981 van de overheidscommissie-Wagner. Het duurde even voordat Economische Zaken voluit voor het nieuwe beleid ging. Het RSV-drama vormde een belangrijk breekpunt. Wat betekende dat nieuwe beleid voor de coördinatie en sturing van het onderzoek? En voor TNO?

Aanvankelijk kwam het technologiebeleid tot uitdrukking in met name twee maatregelen om onderzoek te stimuleren: de Innovatiestimuleringsregeling (1984-1994) en het Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma (1981-2010). De eerste regeling was een generieke maatregel en vooral bedoeld voor het midden- en kleinbedrijf.

De *Innovatienota* had met name aandacht besteed aan deze sector.¹⁹ Kleinere ondernemingen waren '... een onmisbaar element in het geheel van economische bedrijvig-

heid'. Zij zagen kans '... door hun grote flexibiliteit ... zich tegen de recessie in te ontwikkelen ...'. Het aandeel van de middelgrote en kleine ondernemingen in de industriële werkgelegenheid steeg in de periode 1970-1976 van circa 50% naar 60% en in de totale industriële investeringen van circa 45% tot circa 55%. Tegelijkertijd weerspiegelde de tekst uit de nota ook de ongrijpbaarheid van deze sector voor beleidsmakers: 'Het bestaan van vele en zeer gedifferentieerde afzetmarkten ...' en '... een grote diversiteit aan productie en dienstverlening ...' maken een innovatiebeleid complex. '... De vele schakeringen van de industriële en dienstverlenende structuur vereisen een gedifferentieerde aanpak ...'. TNO had tot 1980 als collectieve onderzoeksorganisatie met haar gemengde organisatievorm voor betrokkenen een bevredigend antwoord hierop gehad. Na de reorganisatie van TNO moest het ministerie van de overheid op zoek naar nieuw instrumentarium. Dat bleek niet eenvoudig. Van de Innovatiestimuleringsregeling bleken vooral de grote bedrijven en multinationals te profiteren. Er kwamen nieuwe maatregelen, maar het midden- en kleinbedrijf zou een zorgenkindje blijven, óók voor TNO (zie hoofdstuk 21).

Met het Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma - de tweede maatregel - introduceerde de overheid in 1980 een nieuw instrument voor collectief onderzoek. Het tijdstip was vermoedelijk niet toevallig, omdat in dat jaar de 'gemengde organisaties' van TNO werden opgeheven. Het instrument was bedoeld om de samenwerking tussen bedrijven en publieke kennisorganisaties te bevorderen. Daar zou het niet bij blijven. Een groot aantal op samenwerking gerichte regelingen volgde, waaronder de Programmatische Bedrijfsgerichte Technologiestimulering en de Bedrijfsgerichte Technologische Samenwerkingsprojecten. Dergelijke regelingen waren specifiek, omdat de meeste programma's op een beperkt aantal thema's betrekking hadden: medische technologie, milieutechnologie, informatietechnologie, biotechnologie en nieuwe materialen. Begin jaren negentig liepen veel programma's af. De volgende pieken waren in het eerste decennium van deze eeuw zichtbaar, met nieuwe programma's voor bijvoorbeeld duurzame energie en extra middelen uit het Fonds Economische Structuurversterking (FES - opgezet met aardgasbaten). Steeds werden er nieuwe subsidies en programma's ontwikkeld. Ook nieuwe instrumenten als de consortia-competitie waren aan fluctuaties onderhevig. Het beleid vertoonde al met al weinig stabiliteit.

Het gevolg van deze ontwikkelingen is dat er zich een omvangrijke tussenlaag in de kennisinfrastructuur heeft gevormd.²⁰ Agentschap NL is verantwoordelijk voor de uitvoering van meer dan 200 subsidieregelingen voor 'technologisch' Nederland. De regelingen voor onderzoeksprogramma's, onder andere het Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma, kennen hun eigen commissies voor de onderzoeksprogrammering en de verdeling van de onderzoeksmiddelen. Daarnaast hebben zich consortia van kennisorganisaties, bedrijven en overheidsinstellingen gevormd. Een van de eerste subsidies voor consortia leidde tot de oprichting van zes Technologische Topinstituten. In een andere consortiaregeling, de Bsik (Besluit subsidies investeringen kennisinfrastructuur, gerelateerd aan het FES), ging € 800 miljoen om, verdeeld over 38 in afzonderlijke stichtingen ondergebrachte projecten. Het grootste consortium, 'Leven met water', telde 125 publieke en private instellingen.

Vanaf de jaren tachtig kent het 'technologisch' onderzoek dus een nieuwe coördinatie-dimensie: naast 'bottom-up' ook 'top-down'. In die zin dat een centrale organisatie van buiten de kennisinfrastructuur, met name het ministerie van Economische Zaken, invloed heeft op de hoofdlijnen, de processen en de organisatievormen van het onderzoek. Sinds het ministerie zijn industriepolitiek door technologiebeleid heeft vervangen, stuurt het onder andere aan op onderzoek waarbij bedrijfsleven, overheid en kennisorganisaties rond vastgestelde thema's moeten samenwerken. De coördinatie van dit

collectief onderzoek is momenteel in handen van commissies en stichtingen, sommige met de status van Technologisch Topinstituut. De uitgaven die Economische Zaken aan collectief onderzoek besteedt, kunnen voor 2005 geschat worden op € 230 miljoen. Dat is circa 14% van de begroting van het ministerie en circa 6% van de totale rijks-uitgaven aan onderzoek.²¹ TNO neemt regelmatig deel aan Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma's, subsidies voor consortia, et cetera en heeft dat in het verleden regelmatig gedaan. Vermoedelijk zijn de inkomsten uit de regelingen altijd beperkt gebleven, maximaal 10% van de totale omzet van TNO.

Er zijn enkele belangrijke verschillen met de periode dat TNO de coördinatie en sturing verzorgde. Indertijd viel het merendeel van de coördinatieorganen onder TNO. TNO bezat de kerncompetentie om collectief onderzoek te coördineren en te sturen. Zij gebruikte daarvoor het instrument van de 'gemengde organisatie'. Niet competitie, maar overleg tussen betrokkenen vormde de grondslag voor de verdeling van de middelen. Afstemming van het onderzoek op de vragen van het bedrijfsleven, de overheid en kennisinstellingen vond op alle niveaus plaats, van de Centrale Organisatie TNO tot een specifieke commissie of werkgroep. Uitvoering van het onderzoek vond in vele gevallen binnen TNO plaats. Vermoedelijk waren de kosten van het coördinatie-systeem lager dan tegenwoordig. Toen gebeurde veel coördinatie-werk kosteloos, op basis van vrijwilligheid van de externe betrokkenen. Tegenwoordig beschikken de coördinatieorganen veelal over eigen bureaus en professionele bestuurders.

De hedendaagse coördinatieorganen zijn gemêleerd samengesteld. Verdeling van de middelen vindt plaats op basis van competitie én van overleg tussen de verschillende partijen. Het onderzoek wordt doorgaans op verschillende onderzoeksinstituten uitgevoerd. De coördinatieorganen staan veelal op zichzelf. Zij stemmen het onderzoeksprogramma af op de vragen van de betrokkenen en moeten zichzelf de kunst van het coördineren eigen maken. Vaak hebben ze een beperkte levensduur en worden ze na voltooiing van het programma opgeheven.

De laatste jaren is er herhaaldelijk kritiek geleverd op het beleid van Economische Zaken. Volgens de Algemene Rekenkamer zou het innovatie-instrumentarium te complex zijn geworden.²² De Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid wijst op het mogelijk gebrek aan transparantie en samenhang 'naarmate meer (intermediaire) partijen zich gaan bezighouden met de verdeling van onderzoeksgelden ...' De onderzoekswereld, zo stelt de raad, 'krijgt telkens te maken met andere vormen van onderzoeksprogrammering, organisatie en management'.²³ En het Rathenau Instituut vraagt zich af of het doel van de veranderingen wel gehaald is. De inzet was een optimalisering van het onderzoeksbestel, maar 'complexe financieringsstromen' met hoge transactiekosten zijn de uitkomst.²⁴

Het is overigens moeilijk om een oordeel te vellen over de regelingen en programma's '... door de beperkte kwaliteit van instrumentevaluaties en door het ontbreken van beleidsdoorlichtingen', zo merkt de Algemene Rekenkamer op.²⁵ Een vergelijking van het huidige coördinatiesysteem met het oorspronkelijke, namelijk dat van TNO, is niet mogelijk. Het ontbreekt niet alleen aan goede evaluaties van het huidige, maar ook van het oorspronkelijke systeem.

Het is niet gewaagd om te veronderstellen dat het merendeel van de coördinatie van het collectieve onderzoek nog steeds 'bottom-up' gebeurt en buiten de door Economische Zaken gecreëerde kaders plaatsvindt. TNO doet daar volop aan mee. Een studie uit 1996 analyseerde de zestien belangrijkste technologiegebieden van de publieke kennisinfrastructuur in Nederland.²⁶ TNO bleek in alle gebieden vertegenwoordigd te

zijn. Op een enkel gebied leverde ze een minimale bijdrage, zoals bij katalyse. Op het merendeel van de gebieden was ze echter pregnant aanwezig, vaak met meerdere instituten. Op een aantal gebieden bekleedde ze een dominante positie, zoals bij productietechnologie en voeding. In alle gevallen waren er ook andere, meer of minder sterke partijen aanwezig: universiteiten, grote bedrijven, Grote Technologische Instituten (GTI's) en andere onderzoeksinstituten (bijvoorbeeld die voor landbouw).

De contacten tussen TNO en al deze partijen zijn legio. Een inventarisatie uit 2003 levert meer dan 200 lidmaatschappen van TNO-medewerkers op in raden en besturen van onderzoeksscholen, technische verenigingen, brancheorganisaties, regieorganen, et cetera, meer dan 200 lidmaatschappen van TNO-medewerkers in besturen van wetenschappelijke verenigingen en redacties van wetenschappelijke tijdschriften, en meer dan 60 TNO-deeltijdhoogleraren aan universiteiten.²⁷ Bovendien heeft TNO met de universiteiten ongeveer 40 kenniscentra opgebouwd, waarin onderzoeksgroepen samenwerken, kennis gebundeld wordt en de markt gezamenlijk wordt benaderd. De inventarisatie is slechts een indicatie voor het aantal formele samenwerkingsrelaties. Ze zegt weinig over het aantal informele relaties en niets over de doelmatigheid en doeltreffendheid van de TNO-netwerken. De 'bottom-up'-netwerken moeten echter omvangrijk zijn.

VRAAGGESTUURDE PROGRAMMA'S

'Top-down'-coördinatie van het onderzoek door de overheid was de trend in Nederland na 1970. Alle kennisinstellingen kregen daarmee te maken. Voor TNO was de consequentie dat zij haar wettelijk vastgestelde, coördinerende en sturende rol moest opgeven. Ze werd in de nieuwe situatie zelf object van coördinatie en sturing en een van de kennisinstellingen die naar de overheidssubsidies mochten meedingen.

TNO werd nog op een andere wijze met de nieuwe trend geconfronteerd. Ze ontving in haar bestaan altijd een overheidssubsidie. Als percentage van de omzet nam dat in de loop der tijd af tot een niveau van circa 35% in de afgelopen jaren. Na 1980 viel de overheidssubsidie van TNO uiteen in een basissubsidie, waarover ze vrij kon beschikken, en een doelsubsidie, die in overleg met de ministeries moest worden besteed aan het strategisch onderzoek voor de lange termijn. Dit onderzoek richtte zich op het opbouwen van een kennisbasis voor nieuwe, maatschappelijke thema's en voor toekomstige vragen uit de markt. De doelsubsidies verhuisden van de begroting van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (OCW) naar de begrotingen van de andere ministeries. Het overleg over de doelsubsidies verliep niet altijd even soepel. Tientallen ambtenaren hielden zich met het dossier van de doelsubsidie bezig. Regelmatig traden er wrijvingen op tussen TNO en de ambtenarij, met name met die van Economische Zaken. Bovendien fungeerden de doelsubsidies al snel als object van bezuinigingen. Dat was nu ook niet de bedoeling.

In 1996 verhuisden de doelsubsidies weer terug naar OCW, met uitzondering van die van Defensie en Economische Zaken. Na onenigheid met Economische Zaken over de besteding van de doelsubsidie werd de commissie Bedrijfsleven-TNO ingesteld, voorgezeten door Hans Blankert, de voorzitter van het Nederlands Christelijk Werkgeversverbond (NCW) en een 'enorme fan' van TNO.²⁸ Deze commissie stelde voor om de doelfinanciering van Economische Zaken om te bouwen tot 'cofinanciering'. Het onderzoek dat bedoeld was om de kennisbasis van TNO te ontwikkelen, moest door de overheid en het bedrijfsleven samen worden gefinancierd en geprogrammeerd. Dit betekende een 'drievoudige winst': het bedrijfsleven verzekerde zich ervan dat TNO op termijn over de juiste kennis beschikte, TNO verzekerde zich van een markt en de overheid verzekerde zich van een doelmatige inzet van haar middelen.²⁹

De discussies over de doelsubsidies van de andere ministeries gingen echter door. De commissie-Wijffels stelde in 2004 voor om die subsidies om te bouwen tot vraaggestuurde programma's. Die programma's zouden een rol moeten vervullen in 'de ambitie van Nederland om tot de kopgroep te behoren'. De overheid diende in dat geval '... betrokkenen - vanuit economisch, maatschappelijk en wetenschappelijk perspectief - actief te laten participeren in het opstellen van de lange termijn onderzoekprogramma's ...'. Dat vereiste een overheid die als centrale coördinator ging fungeren en 'over voldoende inhoudelijke competentie ... om deze rol effectief te kunnen spelen' beschikte.³⁰

Vraaggestuurde programma's behoren tot de implementatie van het rapport-Wijffels. Coördinatie en sturing blijken toch ingewikkelder processen te zijn dan gedacht. Uit de evaluaties van de vraaggestuurde programmering blijkt dat een effectieve regie van de overheid ontbreekt. De overheid heeft weliswaar veel geleerd, maar beschikt nog steeds over onvoldoende competentie om de coördinatiefunctie goed te kunnen vervullen.³¹ Dat is ook de conclusie van de Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid: 'Waar publieke belangen aan de orde zijn of waar coördinatie op nationaal niveau nodig is, moet de overheid verantwoordelijkheid nemen ... Dat vraagt om meer expertise en praktijkkennis dan de overheid nu vaak in huis heeft.' Tegelijkertijd stelt de raad dat de overheid meer zou moeten 'bouwen op vertrouwen', meer vertrouwen zou moeten stellen 'in de intrinsieke motivatie van professionals die het kennis- en innovatiesysteem aanjagen'.³² Dit laatste is een pleidooi voor meer 'bottom up'-sturing en coördinatie vanuit kennisinstellingen zoals TNO.

AMBITIE EN PERSPECTIEF

Wenst TNO een centralere functie in de coördinatie van de publieke kennisinfrastructuur? TNO heeft herhaaldelijk aangegeven een dergelijke functie te ambiëren. In haar strategieplan *Innoveren met impact* uit 2010 laat zij daar geen misverstand over bestaan. Gezien de grote maatschappelijke en economische uitdagingen, acht TNO het nodig '... meer te kiezen voor een sterkere initiërende rol bij het uitlokken en scherp krijgen van de relevante vragen en ook bij het op de agenda krijgen van nieuwe urgente vraagstukken'. Zij zou 'waar nodig en gegund ... een sterkere organiserende en verbindende rol op zich [willen] nemen bij het op gang krijgen van de noodzakelijke samenwerking'.³³

Heeft deze ambitie enig perspectief? Het recent gevormde ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie kiest voor een nieuw technologiebeleid.³⁴ Op de achtergrond speelt de wereldwijde financiële crisis en het snijden in de overheidsfinanciën. Meest in het oog springend zijn de plannen voor tien 'topsectoren', waaronder *hightech*, chemie, logistiek en creatieve industrie. Tien 'topteams' - bestaande uit bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen - hebben ieder voor hun sector een agenda opgesteld. Zij zetten in op innovatiecontracten, waarbij bedrijven en kennisinstellingen gezamenlijk tekenen voor programmalijnen. Bedrijven brengen hun onderzoeksbudgetten in en genieten daarbij fiscale voordelen. Kennisinstellingen als NWO, KNAW en TNO moeten hun expertise en belangrijke delen van hun overheidsfinanciering voor de topsectoren ter beschikking stellen. Subsidies verdwijnen en zijn voor de innovatiecontracten in principe niet aan de orde. Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) moeten de coördinatie gaan verzorgen. Het ministerie stelt dat daarbij 'de toegepaste kennisinstituten (TNO, GTI's, DLO) een sleutelrol hebben, omdat zij een belangrijke schakel vormen tussen kennisontwikkeling en toepassing bij het bedrijfsleven'. Wil dit zeggen dat de roep om meer 'bottom-up'-sturing wordt gehonoreerd? Betekent het een kentering in de coördinatiemechanismen? Zou het oude idee van de 'gemengde organisatie' weer terugkeren?

Het kennislandschap zal de komende jaren veranderen, zoveel is duidelijk. Onduidelijk is hoe. Nieuwe perspectieven voor de ambities van TNO dienen zich aan. Het zou zomaar tot een nieuw TNO kunnen leiden.

Harry Lintsen, met bijdragen van Evert-Jan Velzing

20. WAT IS TOEGEPAST ONDERZOEK EN WAT BRENGT HET OP?

In het gedenkboek van TNO uit 1957 staat een fascinerende fotoreportage van de bekende fotograaf Paul Huf.³⁵ Wie de reportage doorneemt, ziet hoe gevarieerd het onderzoek was: laboranten in de weer met kolven en ander glaswerk; twee mannen die de vleugel van een vogel bestuderen; onderzoekers die meetapparatuur aflezen; lange rijen hokken met witte muizen; het boren in een boomstam, blijkbaar om een monster te nemen; een groepje mensen die met belangstelling een plaat in vlammen zien opgaan; het optakelen van een bootje vol met meetapparatuur; de bibliotheek met boekenkasten en kaartenbakken. Veelal zijn het mysterieuze beelden. De foto's hebben geen bijschrift, zodat het gissen is naar de aard en het doel van de activiteiten. Wat opvalt, zijn de afbeeldingen met grote apparaten: een reactorvat (waarin kunststoffen werden gemaakt?) of een serie walsen (voor het prepareren van textiel of het fabriceren van papier?). TNO kende vroeger enorme hallen met textiel- en papiermachines, spuitgietmachines en extruders, batch- en buisreactoren, en allerlei werktuigen en apparaten die ook in de industrie werden gebruikt. De instituten bouwden vroeger complete productieprocessen als proeffabrieken na.

In hoeverre voldeed dit beeld aan wat de oprichters van TNO voor ogen stond? '... Onze hedendaagsche techniek baseert zich geheel op de natuurwetenschappen...', zo stond er te lezen in het rapport dat ten grondslag lag aan de oprichting van TNO in 1932.³⁶ Het onderzoek van TNO moest deel gaan uitmaken van een reeks opeenvolgende activiteiten: De fundamentele wetenschap zou de basis vormen voor de toegepaste wetenschap. De toegepaste wetenschap zou nieuwe technieken voortbrengen. Die nieuwe technieken werden vervolgens in de industrie toegepast en moesten tot innovaties leiden. De toegepaste wetenschap was dus een afgeleide van de natuurwetenschappen en TNO moest de schakel worden tussen wetenschap en bedrijfsleven ofwel de schakel tussen universiteit en industrie. Dat was wat er beoogd werd met een organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek ofwel TNO.

Zo zag 'academisch' Nederland het toentertijd ook graag (zie hoofdstuk 2). Het initiatief tot TNO was door de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen genomen, de belangenbehartiger van 'academisch' Nederland. De academie had een zware stem in de benoeming van TNO-bestuursleden. Hoogleraren waren ruim vertegenwoordigd in de TNO-besturen. TNO was ook bij het ministerie van Onderwijs ondergebracht, waaronder de universiteiten en de wetenschapsbeoefening viel.

Deze typische benadering, ook wel bekend als *technology push*, werd veertig jaar later verworpen. Het was een misvatting om te geloven dat investeren in onderzoek vanzelf tot innovaties zou leiden. Het primaat moest bij de markt liggen. 'De realisatie ... van nieuwe producten en productieprocessen vergt nagenoeg altijd de tussenkomst van bedrijven. Doordat zij rechtstreeks op de markt opereren zijn zij het beste in staat om op de zich daar manifesterende vraag te reageren', aldus de *Innovatienota* uit 1979. 'In de eerste plaats willen wij de mogelijkheden van de bedrijven zelf versterken om tot vernieuwing te komen ...'.³⁷ De markt en het bedrijfsleven moesten in onderzoek en ontwikkeling centraal staan, ook bij kennisinstellingen als TNO. Opeenvolgende nota's, zoals *Naar een op de marktsector gericht technologiebeleid*, ondersteunden deze beleidslijn, die tot op de dag van vandaag wordt voortgezet. Niet zozeer *technology push*, maar veeleer *market pull*.

Deze twee benaderingen, hier in sterk vereenvoudigde vorm neergezet, vormen het kader van dit hoofdstuk. Wat leert de geschiedenis van TNO ons over deze twee benaderingen? Wat is toegepast onderzoek? Welke rol vervult het TNO-onderzoek in innovatieprocessen?

Wij zullen voor onze beschouwing allereerst tabel 20.1 als uitgangspunt nemen; deze tabel geeft een indicatie van de verschillende typen onderzoek uit de beginperiode van TNO. Een belangrijk deel van dat onderzoek bestond uit het ontwikkelen van analyse-, test- en experimentele methoden. Een andere grote categorie was het onderzoek naar een of meer aspecten van een product, proces of productiemiddel.

Op de tweede plaats zullen wij het TNO-onderzoek onderscheiden naar collectief onderzoek en contractonderzoek. Deze onderscheiding, die in dit boek herhaaldelijk aan de orde is geweest, helpt ons om het nut en de relevantie van het TNO-onderzoek beter te begrijpen.³⁸

Tabel 20.1: Projecten en thema's van collectief onderzoek van verschillende TNO-instituten en -organisaties naar type onderzoek in procenten (1955-1965)

TNO-INSTITUUT OF -ORGANISATIE	BOUW	LEER	KUNSTSTOFFEN	VOEDING*	GEZONDHEID**
AANTAL PROJECTEN EN THEMA'S	20	10	18	58	25
JAAR VAN ONDERZOEK	1965	1960	1955	1965	1955
Ontwikkeling van analyse-, test- en experimentele methoden	40	30	50	29	24
Onderzoek naar een of meer aspecten van een product, proces of productiemiddel	55	60	28	36	20
Ontwikkeling van een nieuw product, proces of productiemiddel	5		22	4	
Keuring van stoffen en producten				7	
Onderzoek in relatie tot maatschappelijke thema's als milieu, veiligheid en dergelijke		10		22	44
Anders				2	12
TOTAAL	100	100	100	100*	100*

* Zes projecten/thema's zijn in twee categorieën geclassificeerd.

** Het onderzoek in dat jaar omvatte 22 thema's. Daaronder konden meerdere projecten vallen.

Bron: zie de tabellen 3.3, 3.4, 3.6, 8.2 en 10.1.

METEN EN KEUREN: DE VERANDERDE STATUS

Op laboratoria wordt eindeloos gemeten. Onderzoekers jagen van oudsher op gegevens. Standaardwerken zijn van meet af aan gevuld met tabellen en statistieken. 'Meten is weten' is een slogan van de wetenschappelijke wereld. TNO past volledig in dit beeld.

De oude jaarverslagen van de TNO-instituten stonden vol met illustraties van meetinstrumenten en meetopstellingen. Daaronder vond men het gangbaar fysisch en chemisch-analytisch instrumentarium, maar ook moderne instrumenten als de gaschromatograaf, die in de jaren vijftig en zestig een ware revolutie in de meetmethoden teweegbracht. TNO deed ook aan die revolutie mee. Om een voorbeeld te geven: de organisatie tilde, samen met andere partijen, de elektronenmicroscopie in Nederland van de grond en stelde het instrument ter beschikking aan bedrijven als de Nederlandse Gist- en Spiritusfabriek (tegenwoordig onderdeel van DSM).³⁹ De elektronenmicroscopie was de icoon van het fysisch instrumentarium in die tijd. Een ander voorbeeld op het

snijvlak van wetenschap en technologie was de ultrasnelle fotografie voor het vastleggen van stromingsverschijnselen en snelle bewegingen bij explosieverschijnselen. Hiervoor had TNO specialisten in dienst, die veel opdrachten voor bedrijven, defensie en onderzoeksinstellingen uitvoerden.⁴⁰

Veel minder opvallend waren de vele instrumenten en meetmethoden die TNO voor industriële sectoren ontwikkelde. Bijna ieder jaarverslag meldde wel iets in de trant van '... voor het bepalen van treksterkte van vezels werd een apparaat ontwikkeld ...'.⁴¹ Of: 'voor de bepaling van de regendoorslag van muren is een proefkast ontwikkeld ...'.⁴² Soms ging het om eenvoudige methodieken, zoals de zandzakproef, waarbij de onderzoeker een zandzak van een zekere hoogte op een dakplaat liet vallen. Het breken of scheuren van de plaat gaf aan of de sterkte voldoende was om veilig op het dak te lopen.⁴³ TNO beschikte over verschillende, goed toegeruste instrumentmakerijen en werkplaatsen om de talrijke instrumenten zelf te maken.

Metten dient om eigenschappen te onderzoeken (wrijvingscoëfficiënt, brekingsindex, ontstekingstemperatuur, et cetera), parameters te bepalen (temperatuur, snelheid, rendement, et cetera), bestanddelen aan te tonen (chemische stoffen) en causaliteit te toetsen (theorieën en modellen). Daarin onderscheidt het meten in de technische wetenschap zich niet van dat in de natuurwetenschap. Specifiek voor de technische wetenschap is het meten ten behoeve van het keuren. Bij het keuren onderzoekt en beoordeelt men de hoedanigheid van een product, proces of materiaal in verband met gestelde normen. Daaronder vallen verschillende onderzoeksactiviteiten als de kwaliteitscontroles in fabrieken, de keuringen van de Voedsel- en Warenautoriteit en het testen van helmen voor de RDW (voorheen de Rijksdienst voor het Wegverkeer). Ook het beproeven van objecten en apparaten om na te gaan of zij bestand zijn tegen alle mogelijke condities valt hieronder. Zo moeten onderdelen van een satelliet bestand zijn tegen de versnellingen bij de lancering en tegen de temperatuurcondities in de ruimte. De toevloed van nieuwe technologieën was na de Tweede Wereldoorlog zo groot geworden, dat keuren een belangrijke en omvangrijke activiteit werd binnen de technische wetenschappen.

Het imago van TNO is lange tijd met het keuren verbonden geweest. De meeste TNO-instituten hadden een lange traditie in keuringen. Diverse TNO-instituten vonden zelfs hun wortels in keuringsdiensten die vóór de Tweede Wereldoorlog door de overheid waren opgericht. 'Goedgekeurd door TNO' was een waarborg voor de betrouwbaarheid van een product. Toch lag de verdienste van TNO niet zozeer in het doen van keuringen. Veeleer was het haar verdienste dat zij aan de oorsprong van vele keuringsmethoden en -protocollen in Nederland stond.

TNO deed onderzoek naar keuringsmethoden voor velerlei industriële sectoren, zoals de leerindustrie, de bouw, de grafische industrie en de voedingsindustrie. Naast het ontwikkelen van meetinstrumenten en meetmethoden verrichtte TNO onderzoek naar grondstoffen, materialen, apparaten, voedingsmiddelen en dergelijke. De individuele fabrikant kon deze kennis gebruiken voor het controleren van grondstoffen, tussenproducten en eindproducten. De kennis leidde ook tot voorstellen van TNO-onderzoekers voor voorschriften en normen. Deze dienden dan voor onderhandelingen over standaardisering van producten met betrokken partijen. Indien dat gebeurde onder de hoede van het Nederlands Normalisatie-instituut (NEN), kwamen de zogenaamde NEN-normen tot stand. Zij vormden de basis voor de kwaliteitsgarantie en de uitwisselbaarheid van producten. De TNO-voorstellen konden eveneens dienen als basis voor wetten en regelgeving. In dat geval was een algemeen belang in het geding. De burger en consument was gebaat bij het keuren vanwege de veiligheid, de risico's en de

kwaliteitsgaranties van producten, apparaten en constructies. In sommige gevallen deed TNO ook de certificering. Zij mocht na keuring het certificaat ondertekenen, het bewijs dat een product aan de gestelde eisen voldeed.

Het keuren en het normeren blijven belangrijke activiteiten van TNO. De TNO-onderzoeksgroepen zijn nog steeds betrokken bij het ontwikkelen van keuringsmethoden en -protocollen. Zo neemt TNO deel in ongeveer een kwart van alle commissies en werkgroepen van het Nederlands Normalisatie-instituut, zo'n 200 op een totaal van 750.⁴⁴ Voor de sectoren Bouw, Voeding en Zorg is dat zelfs 40%. (Zie tabel 20.2.) Een recent voorbeeld is de normontwikkeling voor *bio-based* producten, die onder meer als vervanging moeten gaan dienen voor fossiele brandstoffen, kunstmest en synthetische stoffen: '... het is belangrijk dat er een solide basis komt voor *bio-based economy* en daar komen normalisatie en standaardisatie in beeld. Bedrijven hebben immers industriële normen nodig om zaken te kunnen doen. Het moet helder zijn wat de eigenschappen van een product zijn. Eenduidigheid in de beoordelingsmethoden is cruciaal.'⁴⁵ Het gaat dan onder andere om de gevolgen van de voortbrenging van *bio-based* producten voor broeikasgasemissies, concurrentie met voedsel en andere lokale toepassingen, biodiversiteit en milieu.

Tabel 20.2: Deelname van TNO in commissies en werkgroepen van het Nederlands Normalisatie-instituut in 2011

SECTOR	AANTAL		PERCENTAGE TNO'ERS IN NEN-COMMISSIES EN -WERKGROEPEN
	BELEIDS(SUB)COMMISSIES, NORM(SUB)COMMISSIES EN WERKGROEPEN	AANTAL TNO'ERS	
Bouw (inclusief Gas en Water)	236	91	40
Elektro en ICT	141	15	11
Industrie	226	40	18
Voeding en Zorg	142	52	37
Anders	7	-	-
TOTAAL	752	198	26

Bron: Nederlands Normalisatie-instituut.

TNO Certification is de organisatie binnen TNO die klanten wegwijs maakt in normen, richtlijnen en voorschriften en hun vertelt hoe zij daaraan kunnen voldoen. Het terrein heeft zich inmiddels aanzienlijk uitgebreid. Niet alleen de overheid vraagt om certificering, ook andere partijen doen dat, zoals verzekeraars. Deze laatste hebben bijvoorbeeld voorschriften opgesteld voor beugelsloten, remschijfsloten, wielklemmen en andere beveiligingssystemen, en daarvoor aparte certificeringsinstituten aangewezen. TNO heeft ervaring op dit gebied en kan fabrikanten helpen. Het keuren heeft zich ook naar andere gebieden dan technologie en industrie uitgebreid, met name naar de dienstensector. Zo ondersteunt TNO het opstellen van richtlijnen voor de veiligheid en de kwaliteit van thuiszorgtherapieën in verband met de toediening van medicijnen, het bestrijden van pijn, het monitoren van zieken en dergelijke.⁴⁶ Keuringen zijn ook steeds internationaler geworden.⁴⁷ TNO werkt steeds meer aan normen die in Europees verband worden opgesteld of zelfs in internationaal verband - bijvoorbeeld door organisaties als

de International Organization for Standardization (ISO). Daarnaast heeft TNO concurrentie van particuliere keuringslaboratoria en krijgt zij in toenemende mate concurrentie van buitenlandse keuringsinstituten. Verder heeft de keuringsuitvoering zich gedeeltelijk verplaatst naar de fabrikant, indien zijn laboratorium en organisatie daarvoor is erkend.

Voor de oprichters van TNO was het keuren een sleutelbegrip voor de toegepaste wetenschap. Zij zagen dit echter - vanuit een *technology push*-benadering - in het verlengde van het wetenschappelijk werk. De natuurwetenschap ontwikkelde de methoden en instrumenten. Het doel van de toegepaste wetenschap was, zoals de oprichters en de TNO-wet van 1930 het omschreven, '... het vaststellen en ten nutte maken van volledig uitgewerkte ijkings- keurings- en onderzoeksmethoden'.⁴⁸ Voor de vele domeinen waarop TNO zich bewoog, was echter geen wetenschappelijk instrumentarium voorhanden. De technische en industriële domeinen vroegen doorgaans om specifieke instrumenten en het was een basiscompetentie van TNO om dat instrumentarium te ontwikkelen.

De waardering voor het keuren is verschoven. Als sleutelbegrip komt het in de TNO-wet van 1985 en in de vele nota's over TNO niet of nauwelijks meer voor. TNO profileert zich er ook niet meer mee. Het gaat om kleine opdrachten, waaraan weinig valt te verdienen. Toch is het nog steeds een basiscompetentie van de organisatie. De verschuiving heeft te maken met de *market pull*-benadering, waarin innovaties door bedrijven centraal staan. Kennisinstellingen als TNO moeten vooral bijdragen aan het innovatieve vermogen van bedrijven. Keuren, normeren en standaardiseren behoren tot algemene regelgeving en vallen blijkbaar grotendeels buiten het gezichtsveld van het innovatieproces in engere zin. Het gaat echter om essentiële activiteiten. Normen en standaarden zijn van belang voor de verspreiding van technologieën en het functioneren van de economie. Normen stellen ook de risico's vast die wij in het leven lopen. TNO bepaalt met haar onderzoek mede de voedselveiligheid, brandveiligheid, verkeersveiligheid, bouwveiligheid, et cetera, kortom de risico's van de moderne maatschappij.

TOEGEPAST ONDERZOEK: HET MISVERSTAND

Wat is toegepast onderzoek? Het dominante beeld van TNO is dat van een organisatie die onderzoek doet om producten, processen en productiemiddelen te verbeteren of te vernieuwen. Dat deed TNO vanaf het eerste uur en dat leverde een gevarieerd beeld op: onderzoek naar de invloed van het verven van wol op het spinnen, naar het effect van verschillende lijmsorten op het lijmen van hardplastic op spaanplaat, naar de invloed van het toevoegen van johannesbroodpitmeel op de kwaliteit van het papier, et cetera. De inzet was het zoeken naar oorzakelijke verbanden om technische praktijken te optimaliseren. De rapporten konden causaliteiten op een eenvoudige wijze beschrijven, ondersteund met een enkele tabel of grafiek. Zij konden ook bol staan van ingewikkelde formules, statistieken en experimenten. De uitkomsten werden getoetst met een experimentele opstelling op de TNO-laboratoria, in de proeffabrieken van TNO, in praktijkproeven in de fabriek of in veldproeven op het boerenbedrijf.

Het beeld mocht dan gevarieerd zijn, hét symbool van het 'ideale' TNO was de Technisch Fysische Dienst TNO-TH (verder TPD). Vanuit een *technology push*-benadering stond de dienst voor de schakel tussen wetenschap en industrie. Zij was (en is nog steeds) gehuisvest op de afdeling Technische Natuurkunde van de Technische Hogeschool Delft (nu Technische Universiteit). Het bestuur bestond lange tijd uit de hoogleraren van de afdeling. De wetenschappelijke staf was grotendeels aan de universiteit opgeleid. Het doel was 'academische' kennis te gebruiken voor praktische problemen.

Een voorbeeld van zo'n onderzoek was het jarenlange programma naar de scheepsakoestiek.⁴⁹ Het probleem was de geluidshinder op schepen. Deze kon buitensporig zijn door sterke geluidsbronnen, met name de scheepsmotoren, en door de geluids-overdracht via de metalen romp en metalen constructie. Niemand aan boord kon zich eraan onttrekken. Daarnaast was de Koninklijke Marine geïnteresseerd in stille schepen, zodat deze minder snel konden worden opgespoord. Marine en reders ondersteunden het onderzoek.

De afdeling Technische Natuurkunde bezat met de hoogleraren C. Zwicker en C.E. Kosten experts in geluidstheorie, trillingsleer, schaalmodelregels en andere fundamentele kennis. Zij schoolden de onderzoekers van de TPD in deze disciplines. Kosten, zo herinnert een oud-onderzoeker zich, legde '... als kritisch, onbaatzuchtig en goed docent ... een uitstekende basis voor de scheepsakoestiek ...'.⁵⁰ Overigens hield Kosten zelf zich niet bezig met de scheepsakoestiek. De TPD startte in de jaren vijftig met uitvoerige verkennende metingen in de machinekamers van zeegaande schepen met stoomturbines en dieselmotoren. Inzichten werden verworven met het toepassen van fysische theorieën en van bijzondere fysische methoden, waaronder het veelvuldig gebruik van schaalmodellen. Het onderzoek leidde tot geluidarme tandwielreducties, stille schroeven, geluidarme constructies en aanpassingen van scheepsontwerpen. Er werden cursussen gegeven, handboeken uitgegeven, een leerstoel 'Geluidarm Construeren' ingesteld en honderden rapporten, tientallen publicaties en verschillende proefschriften geschreven.

De meeste legitimiteit ontleende TNO aan dergelijk onderzoek. De TPD kreeg er zijn gezag door. Toch was de dagelijkse praktijk anders. Het meeste onderzoek bij TNO maakte nauwelijks gebruik van 'academische' kennis. Eerder was het omgekeerde het geval. De universiteiten hadden grote moeite om nieuwe kennisdomeinen die door de industrie werden ontsloten, op te pakken. Zo bespraken wij in deel I de opkomst van de kunststoffen. Het waren de grote laboratoria van AKU, DSM, Shell en Philips die in de kunststoffentechnologie (ofwel polymeertechnologie) investeerden.⁵¹ Het Kunststoffeninstituut TNO sloot zich daar direct bij aan. Het kostte de polymeertechnologen echter grote moeite om in te breken in de bestaande disciplinaire tradities op de universiteiten en bij de organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO, tegenwoordig NWO). Na 1970 begonnen de posities in het onderzoek te schuiven en werd de polymeertechnologie een erkend wetenschapsdomein. De polymeertechnologie was zeker geen uitzondering. Katalyse, vastestoffysica, materialenonderzoek en andere disciplines binnen de chemie en natuurkunde hadden eveneens te maken met dergelijke verschijnselen. In het geval van de chemische en elektrotechnische industrie sprak men na de oorlog vaak van de 'science based industry'. Men had beter kunnen spreken van de 'industry based science'. De kennisbijdrage van de Nederlandse universiteiten moet lange tijd beperkt zijn geweest.

Uit recente studies blijkt dat de situatie heden ten dage niet veel anders is.⁵² Universitaire kennis heeft in een beperkt aantal industriële sectoren een zekere betekenis, met name in delen van de farmaceutische, elektrotechnische en chemische industrie. Een Amerikaanse studie geeft aan dat tussen 1975 en 1985 10% van de innovaties in deze sectoren niet kon worden gerealiseerd zonder universitaire kennis.⁵³ Toch blijven de verwachtingen van wetenschappelijke kennis, óók bij TNO, onveranderd hoog. Dat heeft te maken met een ander misverstand.

TNO was weliswaar doorgaans niet de schakel tussen *universiteit* en industrie, maar mogelijk wel de schakel tussen *wetenschap* en industrie. Immers, wetenschappelijke kennis is meer dan universitaire kennis en zij kan op andere plaatsen dan universiteiten

worden geproduceerd. De praktijk van TNO wees echter anders uit. De natuurkunde, chemie, biologie, geneeskunde en wiskunde hadden nauwelijks antwoorden op de vragen uit de praktijk. Waarom nam de ene textielsoort de kleurstof beter op dan de andere? Op welke, voor de gezondheid onschadelijke, wijze moest de vissector een gezouten haring aan de consument afleveren? Wat was de beste wijze van kunstmatig drogen voor een bepaalde houtsoort? Waarom waren de resultaten van diverse wasmiddelen verschillend wat betreft de verwijdering van vlekken, geelkleuring en chemische slijtage? TNO had bij de beantwoording van deze vragen weinig aan wetenschappelijke kennis, aan natuurwetenschappelijke theorieën, aan wetenschappelijke instrumenten, aan wetenschappelijke analyses en aan wetenschappelijke methoden.

TNO moest voor veel technische domeinen haar eigen kennis ontwikkelen, haar eigen theorieën, haar eigen instrumentarium en haar eigen testmethoden. TNO had vooral met de praktijkvraagstukken te maken, die zich niet netjes met academische kennis en methoden lieten oplossen. Het modelleren van complexe praktijken behoorde tot de kerncompetentie van TNO, die met de komst van de computer tegenwoordig veelal de vorm aanneemt van simulatiemodellen

In één opzicht was de invloed van de natuurwetenschappen wél dominant, namelijk in het ontwikkelen als onderzoeker van een wetenschappelijke houding. Net als natuurwetenschappers verzamelden TNO-onderzoekers op systematische wijze gegevens, deden ze strategische experimenten, stelden ze causale relaties op, toetsten ze deze en bediscussieerden ze de resultaten met de professionele gemeenschap.

Het begrip 'toegepaste natuurwetenschap' is niet adequaat. Beter is het te spreken van het meer neutrale begrip 'technische wetenschap'. De technische wetenschap kan een zekere verwevenheid met de natuurwetenschap hebben, maar blijkt vooral een opzichzelfstaande activiteit te zijn en een eigen aard te hebben. Dit werd overigens ook gedeeltelijk door de oprichters van TNO erkend: 'In tal van gevallen kan ... de techniek - dit woord neme men hier in den meest uitgebreide zin - niet wachten tot de theoretische onderzoekers nieuwe bouwstenen hebben aangebracht en moet zij zelf de problemen, die de praktijk stelt, van de grondslagen af, in studie nemen.'

Technology push en technologie als toegepaste natuurwetenschap zijn als opvattingen weinig bruikbaar om de aard van het TNO-onderzoek te analyseren. Is *market pull* daarvoor meer geschikt? Het voorbeeld van de kunststoffen liet zien dat de kunststoffenindustrie de impuls gaf tot de opbouw van het kennisdomein bij TNO en uiteindelijk ook bij de universiteiten. Zo gaf ook de wasserij-industrie de stoot tot de oprichting van het Wasserij-Instituut TNO en de 'wasserij-technologie', de leerindustrie tot de oprichting van het Leerinstituut TNO en de 'leertechnologie', et cetera. Zelfs de scheepsakoestiek bij TNO is de vrucht van een vraag vanuit de markt.

De markt speelt ongetwijfeld een belangrijke rol in de dynamiek van de kennisdomeinen binnen TNO, maar als verklaringsfactor is zij veel te beperkt. Belangrijke impulsen zijn ook afkomstig van de overheid en van universiteiten. Bovendien kan de technische wetenschap niet als een afgeleide van de marktvraag worden gezien. De eigen *aard* van het TNO-onderzoek (c.q. de technische wetenschap) hangt weliswaar mede af van de marktvraag, maar evenzeer van de oplossingsrichtingen en de daarmee samenhangende basiskennis. De markt is slechts een van de relevante karakteristieken van het TNO-onderzoek, zoals ook uit de volgende paragraaf blijkt.

COLLECTIEF ONDERZOEK EN CONTRACTONDERZOEK

De kleinste onderzoekseenheid van TNO is tegenwoordig de zogenaamde 'expertisegroep'. Het gaat dan om een team van onderzoekers, die zich bezig houden met thema's als scheidingstechnologie, toxicologie, e-business, innovatieve materialen en arbeidsparticipatie. TNO telt ongeveer zeventig expertisegroepen. Weliswaar domineren de technologische thema's, maar sociaal-wetenschappelijke vraagstukken komen zeker ook aan de orde.

De onderzoeksteams worden, zoals gebruikelijk in de onderzoeksweld, regelmatig geëvalueerd door externe commissies van experts. Drie criteria bij die evaluaties zijn bedoeld om het TNO-onderzoek te positioneren, namelijk marktattractiviteit, technologische rijpheid en technologische positie.⁵⁴

Onderzoek met een hoge marktattractiviteit houdt zich bezig met een technologie waarnaar een grote vraag bestaat bij overheid en bedrijfsleven. Of het gaat om onderzoek met een leidende positie, dat weinig concurrentie ondervindt. Bij een lage markt-attractiviteit is er nauwelijks vraag naar dergelijk onderzoek of ondervindt het onderzoek te veel concurrentie. Technologische rijpheid - het tweede criterium - heeft met de 'biografie' van een kennisdomein te maken. Het onderzoek kan in een embryonale fase verkeren. Het gaat om geheel nieuwe kennis, die weinig financieel rendement opbrengt. Het andere uiterste is dat de kennis 'volwassen' is. Het gaat dan om verouderde kennis of kennis die iedereen beschikbaar heeft. De technologische positie, ten slotte, kent aan de ene kant van de schaal een zwakke en onbetekenende onderzoeksgroep en aan de andere kant een internationaal leidende groep.

Het TNO-onderzoek is van hoge kwaliteit, zo stellen externe deskundigen. Het merendeel van de groepen (85 tot 90%) is weliswaar niet internationaal leidend, maar heeft wel een sterke internationale positie (7 tot 8 op een schaal van 9). Wat betreft de marktattractiviteit en technologische rijpheid plaatsen de experts het onderzoek niet op de uiterste grens van de beoordelingsschalen. Zij positioneren het onderzoek vooral als een kennisdomein waarnaar de vraag groeiende is en waarover een redelijk rendement te halen is (marktattractiviteit van 3 tot 4 op een vijfpuntenschaal). Bovendien gaat het om dynamische kennisdomeinen. De toepassingsperspectieven zijn gearticuleerd. Het onderzoeksteam is productief en bekend bij specifieke opdrachtgevers (technologische rijpheid van 3 tot 4 op een schaal van 7).⁵⁵

Ruim 75% van de expertisegroepen valt onder deze combinatie van marktattractiviteit en technologische rijpheid. Het onderzoek als geheel mag niet te nieuw, te speculatief of te risicovol zijn. TNO beweegt zich op een commerciële markt en de investeringen moeten een zeker rendement opbrengen. De kennis mag ook niet te gevestigd zijn en de technologie niet te vaststaand en te goed gedefinieerd, in de zin dat de toepassingen routinematig zijn en de klanten vertrouwd. Met andere woorden, TNO ontwikkelt kennis én maakt tegelijkertijd kennis ten nutte op de markt. Die twee ambities kent de organisatie sinds de oprichting. Het behoort tot de basiscompetentie van TNO om de twee typen onderzoeksactiviteiten - kennisontwikkeling en kennisbenutting - afzonderlijk én in samenhang met elkaar te verrichten. De organisatie slaagt er bovendien in om beide onderzoeksactiviteiten op hoog niveau te verrichten.

De twee onderzoeksactiviteiten hebben verschillende benamingen gekregen binnen de organisatie. Lange tijd sprak men over 'vrij speurwerk' en 'contractonderzoek'. Later had men het over 'basis- en doelfinanciering' en niet meer over 'vrij speurwerk'. Sinds 2005 heeft men het onder andere over 'Kennis als Vermogen' en 'Beleids- en Toepassingsgerichte Kennis' tegenover contractonderzoek. In deze studie wordt het onderscheid gemaakt tussen collectief onderzoek en contractonderzoek.

Collectief onderzoek genereert collectieve kennis in de zin dat de kennis collectief bezit is en publiek toegankelijk. Het wordt uit collectieve middelen gefinancierd door met name de overheid en eventueel aangevuld met private middelen. Bij de bestemming van die middelen zijn publieke en private partijen betrokken. Collectief onderzoek levert doorgaans generieke kennis op die relevant is voor meerdere partijen. Onder deze categorie vallen het vrije speurwerk van vroeger, de voormalige basis- en doelfinanciering, de hedendaagse categorieën 'Kennis als Vermogen' en 'Beleids- en Toepassingsgerichte Kennis', maar ook de deelname van TNO aan de onderzoeksprogramma's van het ministerie van Economische Zaken en de Europese Unie.

Contractonderzoek brengt kennis voort voor een opdrachtgever. De onderzoeksopdracht is verworven op de vrije markt en wordt gefinancierd door de opdrachtgever. Er moet doorgaans vertrouwelijk mee worden omgegaan. Het meeste onderzoek dat op contracten van TNO met één partij gebaseerd is, valt hieronder. TNO is eigenaar van de door haar gegenereerde kennis, maar de opdrachtgever heeft een exclusief gebruiksrecht. Contractonderzoek levert doorgaans specifieke kennis op, die afgestemd is op de behoeften van de opdrachtgever.

Deze tweedeling is erg schematisch. Het laat een grijs middengebied voor de eenvoud buiten beschouwing. Zo zijn niet alle resultaten van collectief onderzoek 'vrij' beschikbaar. In sommige gevallen gelden er voorwaarden voor geheimhouding, publicatietermijnen en gebruiksrechten. Het kan zelfs zijn dat een bedrijf exclusieve rechten krijgt op resultaten voor een bepaald toepassingsgebied tegen een markt-conforme vergoeding. Het intellectueel eigendom (ofwel het intellectual property right, IPR) is een belangrijk thema in het collectief onderzoek, dat zich vaak moeizaam laat regelen en belemmerend werkt bij het opzetten van het onderzoeksprogramma.

Naar schatting bestaat 35% van het TNO-onderzoek uit collectief onderzoek en 41% uit contractonderzoek (zie tabel 20.3). Daarnaast zijn er nog andere activiteiten, die niet hieronder zijn te plaatsen. TNO heeft eigen bedrijven, die circa 14% van de omzet genereren. Verder bestaat 10% van de omzet uit wettelijk opgedragen taken. Het gaat met name om defensieonderzoek, dat, zoals wij in deel III hebben gezien, een aparte plaats inneemt.

COLLECTIEF ONDERZOEK EN HET INNOVATIEVE VERMOGEN

Het collectieve onderzoek is de basis voor veel spanningen in en rond TNO. Sinds de *Innovatienota* van 1979 staat het collectieve onderzoek van universiteiten en kennisorganisaties als TNO in het teken van 'innoverend' Nederland. Dat onderzoek moet bijdragen aan het innovatieve vermogen van de overheid om maatschappelijke vraagstukken zoals energie, werkgelegenheid, mobiliteit en milieu (al of niet op lange termijn) aan te pakken. En het moet bijdragen aan het innovatieve vermogen van het bedrijfsleven, zodat het beter uitgerust is om de internationale concurrentieslag aan te gaan. De spanningen ontstaan bij het aansturen en het coördineren van het collectieve onderzoek. In hoeverre moet dat *bottom-up* gebeuren door TNO met betrokken marktpartijen of *top-down* door de overheid samen met maatschappelijke organisaties. Het vorige hoofdstuk is aan deze problematiek gewijd. Andere spanningen ontstaan over de vraag: wat is de toegevoegde waarde van het collectieve onderzoek van TNO? Wat brengt het op?

In dit hoofdstuk bespreken wij de verschillende typen collectief onderzoek (met uitzondering van het onderzoek voor de Europese Commissie, zie tabel 20.3). 'Kennis als Vermogen' (75 miljoen euro ofwel circa 13% van de omzet) brengt collectief onderzoek voort dat het minst ter discussie staat. De financiering is bedoeld voor risicovol onderzoek om kennis over kansrijke technologieën te ontwikkelen.⁵⁶

Tabel 20.3: Representatieve verdeling van de omzet van TNO naar collectief onderzoek, contractonderzoek en ander type onderzoek, 2007-2010

TYPE ONDERZOEK	MILJOEN EURO'S	PERCENTAGE
COLLECTIEF ONDERZOEK, WAARVAN	200	35
Kennis als Vermogen binnen thema's en over thema's heen	75	
Beleids- en Toepassingsgerichte Kennis: vraaggestuurde en cofinancieringsprogramma's	60	
Additionele, nationale subsidies: TTI's, IOP's, e.d.	45	
Europese Commissie	20	
CONTRACTONDERZOEK, WAARVAN	240	41
Nationale overheden	70	
Nationaal bedrijfsleven	75	
Nationale kennisinstellingen	35	
Internationaal	60	
ANDERS, WAARVAN	140	24
TNO Bedrijven	80	
Defensie en DINO*	60	
TOTAAL	580	100

* DINO: Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond.
Bron: Strategie en Planning TNO.

Toepassingen worden op langere termijn verwacht (vier jaar of langer). De financiering is ook bedoeld voor nieuwe initiatieven en om TNO-expertise van sterke technologieën *up to date* te houden. Het initiatief om invulling aan 'Kennis als Vermogen' te geven, ligt bij TNO. De organisatie doet dat in overleg met ministeries, met name (vanaf 2011) het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Het programma maakt deel uit van de vierjaarlijkse strategienota van TNO en wordt jaarlijks geëvalueerd. De meest recente strategienota, bijvoorbeeld, stelt voor om de financiering onder andere in te zetten op zogenaamde sleuteltechnologieën, zoals sensoren, systeembioïologie en innovatie en gedrag.⁵⁷

TNO kent ook collectief onderzoek onder de noemer 'Beleids- en Toepassingsgerichte Kennis'.⁵⁸ Daar behoren de vraaggestuurde en cofinancieringsprogramma's toe (60 miljoen euro ofwel circa 10% van de omzet). Het onderzoek vervult drie functies. Het moet kennis opbouwen over thema's die van maatschappelijk belang worden geacht. Ook moeten de onderzoeksprogramma's zorgen voor een adequate kennisbasis en kennisinfrastructuur, zodat TNO haar marktfunctie kan blijven vervullen. In principe moeten de resultaten op korte termijn, één tot enkele jaren, toepasbaar zijn. Tot slot dienen met het onderzoek de onderzoeksnetwerken versterkt of vernieuwd te worden.

Het opzetten van de vraaggestuurde programma's verloopt moeizaam, zoals een evaluatie uit 2008 laat zien. Het initiatief ligt bij de ministeries, maar 'het proces ontbeert een duidelijke en energieke regie ...' en is '... niet goed ingebed in de departementale organisatie'.⁵⁹ De inzet van het proces was om maatschappelijke organisaties en het

bedrijfsleven meer bij de formulering en uitvoering van de programma's te betrekken. Dat laat echter te wensen over. Er is bovendien weinig aantoonbare vooruitgang geboekt bij het leggen van nieuwe verbindingen tussen maatschappelijke sectoren en kennisinstellingen als TNO. De aanpak van de vraaggestuurde programmering vraagt om een 'professionaliseringsstap'.

De cofinancieringsprogramma's hebben een andere opzet. Het initiatief ligt bij TNO: zij koppelt in dit geval de ontwikkeling van haar kennisbasis aan cofinanciering door bedrijven. Bedrijven kunnen voor 10%, 25% of 50% van de kosten in programma's stappen en daarvoor toenemende privileges krijgen. In alle gevallen heeft TNO de vrije beschikking over de opgebouwde kennis en kunnen bedrijven geen exclusief eigendomsrecht claimen. Bedrijven kunnen wel een voorkeursbehandeling claimen. Voorbeelden van projecten zijn: het ontwikkelen van een gel die wordt ingebracht in steenwol voor kassen, een computermodel om de effecten van ingrepen in grond- en oppervlaktewater te berekenen en de ontwikkeling van een nieuw zonnecelpaneel.

Uit een evaluatie van 145 projecten (op een totaal van 150) die in 2007 en 2008 zijn afgerond, blijkt 58% van de bedrijven de ontwikkelde kennis te gaan toepassen. Daarentegen constateert 42% dat er geen nieuwe kennis is ontwikkeld of dat de kennis niet of onvoldoende toepasbaar is.⁶⁰ Door de aard van het cofinancieringsprogramma lopen de deelnemers dus de nodige risico's. In het eerste geval heeft het onderzoek voor circa de helft tot product- en procesinnovaties geleid en voor de andere helft tot andersoortige resultaten (input voor besluitvorming, uitbreiding kennisbasis, et cetera). Uit een berekening blijkt dat iedere euro die door TNO en alle deelnemende bedrijven gezamenlijk geïnvesteerd is, 2,70 euro aan kostenbesparingen en extra winst opbrengt.⁶¹

Het cofinancieringsprogramma wordt als succesvol beschouwd. Toch blijft er enige onduidelijkheid bestaan. De evaluaties geven namelijk geen informatie over de winst voor TNO. In hoeverre hebben de onderzoekingen geleid tot een verbetering van de kennisbasis?

Een andere categorie collectief onderzoek is het onderzoek op basis van de subsidie-regelingen van het ministerie van Economische Zaken. Dit ministerie heeft sinds 1980 een serie subsidieprogramma's in het leven geroepen, waaraan door TNO is deelgenomen (zie 'additionele subsidies' in tabel 20.3). Daartoe behoren onder andere het Programma Bedrijfsgerichte Technologiestimulering en de Bedrijfsgerichte Technologische Samenwerkingsprojecten. Wij bekijken er twee nader: de Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma's (IOP's) en de Technologische Topinstellingen.

De IOP's behoorden tot de oudste regelingen die bedoeld waren om het collectieve onderzoek meer af te stemmen op de innovatiebehoefte van het Nederlandse bedrijfsleven.⁶² Tussen 1981 en 2010 waren er 26 IOP's, waarvan de omvang varieerde tussen de 4,5 miljoen en 27 miljoen euro. TNO nam aan een aantal ervan deel. In totaal gaf Economische Zaken 370 miljoen euro uit aan het programma, dat in 2010 stopte. In de evaluaties kregen de kennisontwikkeling en de opleiding van promovendi een voldoende beoordeling. Ook de netwerkvorming door de kennisinstellingen werd positief beoordeeld, hoewel die vooral plaatsvond met grote bedrijven en het kennisintensieve midden- en kleinbedrijf. Bovendien nam de betrokkenheid van de bedrijven in de loop van het project af. De benutting van de kennis in termen van gerealiseerde innovaties was echter mager. De laatste evaluatie gaf een wat positiever beeld, maar het was onduidelijk waarop dat gebaseerd werd.

Technologische Topinstellingen (TTI's) zijn grotendeels virtuele instellingen.⁶³ In 1997

werden er vier opgericht. TNO nam aan alle vier deel. Tot 2005 investeerden de deelnemende partijen in totaal 300 miljoen euro volgens de verdeelsleutel 50% Economische Zaken, 25% kennisinstellingen en 25% bedrijfsleven. Inzet was het verstevigen van het innovatieve vermogen van het bedrijfsleven. Dat moest gebeuren met onderzoek dat tegelijk van hoge kwaliteit was én relevant voor het bedrijfsleven. De betrokken bedrijven zouden de leidende rol in het opzetten van het onderzoeksprogramma krijgen. Een tweetal evaluaties uit deze periode kon evenwel geen uitsluitsel geven over de effecten van de TTI's, mede door de gebrekkige *monitoring* van de instellingen zelf. De afstemming van het uitgevoerde onderzoek op de behoefte van het bedrijfsleven werd wel als onvoldoende bestempeld. Positief was dat kennisinstellingen en bedrijfsleven nader tot elkaar waren gekomen. Dat het vooral om de grote bedrijven ging, werd wel als een probleem gezien. Het midden- en kleinbedrijf kon de middelen niet opbrengen om actief mee te doen. Na 2005 zijn er geen evaluaties meer geweest. Het aantal TTI's is inmiddels tot tien gegroeid.

Zoals ook al in het vorige hoofdstuk is geconstateerd, is het moeilijk om het collectieve onderzoek in het kader van de verschillende regelingen van Economische Zaken te evalueren. Weliswaar maken de evaluaties veelvuldig melding van de prestaties (aantal artikelen, octrooien, cursussen, samenwerkingsrelaties, et cetera), maar het inzicht in de kosten is beperkt. Over de doeltreffendheid is weinig bekend: heeft het programma op de een of andere wijze bijgedragen aan een vergroting van het innovatieve vermogen van de Nederlandse economie? Ook ontbreekt inzicht in de doelmatigheid: hoe efficiënt zijn de bestedingen? Had een zelfde effect met minder uitgaven bereikt kunnen worden of met dezelfde uitgaven een groter effect?⁶⁴

Wat is nu de toegevoegde waarde van collectief onderzoek? In het algemeen krijgt kennisontwikkeling bij collectief onderzoek een positieve beoordeling. Dat geldt ook voor de netwerkvorming tussen kennisinstellingen en het bedrijfsleven (met name grote bedrijven). Een ambitie van collectief onderzoek is vaak het voortbrengen van innovaties. Collectieve onderzoeksprogramma's leveren echter nauwelijks innovaties op. Dat is ook niet verwonderlijk.

Innoveren gebeurt door individuele bedrijven. Zij selecteren uit de talloze opties een innovatie, verbeteren een productieproces of product, ontwikkelen een nieuw product, zetten daarvoor een nieuwe productielijn op, passen de organisatie aan, zoeken naar financiering, zetten het product in de markt, doen aan marketing, et cetera. Innoveren is een complex en risicovol gebeuren met vele facetten. De kennis die in collectief onderzoek wordt ontwikkeld, is slechts één facet. Kennis is doorgaans niet de *bottle-neck* in het proces. Financiering, organisatiecultuur, foutieve inschatting van de markt en dergelijke blijken grotere struikelblokken.

Het afrekenen van het collectieve onderzoek in kennisorganisaties als TNO op het aantal innovaties, is het afrekenen op zaken waar zij geen of nauwelijks invloed op hebben. In dit opzicht zou het interessant zijn om het cofinancieringsprogramma verder te analyseren, omdat zowel TNO als de bedrijven aangeven hiermee wel met succes innovaties tot stand te brengen.

Toch is hiermee het verhaal over de toegevoegde waarde van het collectieve onderzoek van TNO niet verteld. Het bevorderen van het innovatieve vermogen van het Nederlandse bedrijfsleven is meer dan de directe voortbrenging van innovaties. TNO beschikt door haar collectieve onderzoek over een omvangrijke kennisbasis. Die komt ook ter beschikking buiten de specifieke onderzoeksprogramma's om. Kennisoverdracht speelt hierbij een belangrijke rol. Daarnaast wordt de kennisbasis ingezet voor het contractonderzoek van TNO. Bovendien genereert TNO op basis van haar onderzoek

eigen innovaties en bedrijvigheid. Deze thema's zullen wij hierna verder bekijken.

KENNISOVERDRACHT

Kennisoverdracht is van oudsher een centrale taak van TNO. In het jaarverslag van 1964 lezen wij reeds dat '... nieuw verworven kennis, kunde en inzicht die niet of niet op de juiste wijze op anderen worden overgedragen, geen enkel nut voor de gemeenschap opleveren'. Met instemming wordt een conclusie van de Amerikaanse Wetenschappelijke Adviesraad aangehaald, 'dat kennisoverdracht een onafscheidelijk deel uitmaakt van het speur- en ontwikkelingswerk en dat daarom alle organisaties die te maken hebben met dat werk, evenveel tijd, geld en aandacht dienen te besteden aan kennisoverdracht als aan speur- en ontwikkelingswerk'.⁶⁵

Vervolgens wijst het jaarverslag op het belang van verschillende typen kennisoverdracht. In sommige bedrijfstakken, 'waar het kennisniveau der werkers door welke oorzaken dan ook van oudsher laag ligt, zal men de kennis soms bij de man aan de machine moeten brengen'. Voor de werkvloer is *face-to-face*-contact noodzakelijk om TNO-kennis over te dragen. In andere gevallen kan er met een wetenschappelijk rapport worden volstaan, 'omdat er in het bedrijf of de bedrijfstak ... voldoende capaciteit op hoog niveau aanwezig is om het uit het rapport verkregen inzicht zelfstandig in toepassing te kunnen brengen'.⁶⁶ Tegenwoordig zouden wij spreken van overdracht van 'belichaamde' kennis en 'gecodificeerde' kennis.

Kennis is deels 'embodied', dat wil zeggen 'belichaamd'. Ideeën, inzichten, feiten, et cetera zijn in de hoofden van de mensen opgeslagen. Kennis is deels ook 'tacit', dat wil zeggen 'stilzwijgend'. Zij is niet altijd expliciet te maken. Kennis wordt vaak via *face-to-face*-contacten overgedragen van onderzoeker op onderzoeker, van onderzoeker op technicus, van onderzoeker op opdrachtgever. De communicatie verloopt via het gesproken woord en de lichaamstaal.

Daarentegen is 'gecodificeerde' kennis in geschreven, gedrukte of digitale teksten neergelegd. Kennis en communicatie zijn daarmee in principe niet meer aan een persoon gebonden, en ook niet aan tijd en plaats. Teksten kunnen op ieder moment en op iedere plek worden geraadpleegd. Ze hebben daarmee een collectief karakter, dat wil zeggen: zij staan ter beschikking aan een professioneel publiek.

Beide typen kennisoverdracht zien wij terug bij TNO. TNO-medewerkers investeren veel in sociale netwerken. In die netwerken vindt de coördinatie van het onderzoek plaats, zoals wij in het vorige hoofdstuk hebben gezien. De netwerken hebben echter ook een belangrijke functie in de kennisoverdracht. TNO-medewerkers hebben voortdurend *face-to-face*-contact met de buitenwereld via conferenties, commissies, werkgroepen, tentoonstellingen, bedrijfsbezoeken, cursussen, adviseurschappen, et cetera. De huisvesting is erop gericht om de interacties tussen TNO-onderzoekers, belangrijke klanten en kennisinstellingen te bevorderen.⁶⁷ Zonder die interacties blijft 'gecodificeerde' kennis in vele gevallen een dode letter. Zij komt tot leven in combinatie met 'belichaamde' kennis.

Ook innovatieprocessen vragen om *face-to-face*-contacten. In het ontwerpproces moet de TNO-medewerker enerzijds een goede kennis én grote gevoeligheid hebben voor de eigenschappen van materialen, stoffen, constructies en processen, en anderzijds een adequaat inzicht in de functies van een nieuw product op basis van de markt-vraag, de wensen van de gebruiker of de behoefte van de burger. Om eigenschappen en functies op elkaar af te kunnen stemmen, zijn er doorgaans verschillende opties mogelijk. De uiteindelijke keuze is niet zozeer het resultaat van een logisch proces, maar van aftasten en zoeken met veel ervaring, verbeeldingskracht, creativiteit en vaardigheid. 'Belichaamde' kennis is in dat proces voortdurend vereist.

Op basis van theorieën over netwerken is te verwachten dat vernieuwingen eerder afkomstig zullen zijn van onderzoekers in centrale netwerkposities. Nieuwe ideeën komen niet zozeer van eenzame genieën broedend op het 'ei van Columbus', maar van creatieve personen met vele contacten. Een variëteit aan 'gecodificeerde' én 'belichaamde' kennis zou ten grondslag liggen aan het succesvol innoveren.⁶⁸

TNO produceert veel 'gecodificeerde' kennis. In 2002 telde de organisatie 2500 publicaties: ongeveer 1050 vakpublicaties, 650 wetenschappelijke artikelen, 750 conferentiebijdragen en circa 50 proefschriften.⁶⁹ In de *wetenschappelijke publicaties* (de laatste drie categorieën, 58%) maakt TNO de resultaten van haar collectieve onderzoek bekend: nieuwe inzichten, theorieën, modellen en nieuwe onderzoeksmethodieken, instrumenten en software. Het gaat om studies naar veiligheid, voedselkwaliteit, productiviteit en dergelijke. In de *vakpublicaties* (42%) staat de verspreiding van beschikbare kennis centraal: samenvattingen van inzichten over gezondheidsrisico's, conclusies van onderzoek naar arbeidsomstandigheden, het beschrijven van nieuwe apparaten, het op de hoogte brengen van de nieuwste snufjes, het geven van testresultaten, algemene informatie over een bedrijfsbranche, et cetera. Deze publicaties verschijnen als artikel in een vaktijdschrift. In enkele gevallen voerde TNO jarenlang de redactie over zo'n tijdschrift, bijvoorbeeld in het geval van het tijdschrift *Kunststof en Rubber*, voorheen *Plastica* (opgericht in 1948). Daarnaast vindt kennisverspreiding plaats via cursusmateriaal, handboeken, openbare TNO-rapporten en beleidsstudies voor ministeries.

Overdracht van collectieve kennis bij TNO krijgt veel aandacht en heeft vele vormen. Zij heeft niettemin veelal een diffuus karakter. Het is vaak onduidelijk wat er met de kennis gebeurt, of zij gebruikt wordt en door wie. Soms kan de toepassing precies getraceerd worden en de toegevoegde waarde berekend. Die gevallen krijgen dan ook een speciale vermelding. Zo ontdekte het Wasserij Instituut dat de toevoeging van natriumbisulfiet aan zacht water een aanzienlijke besparing van het spoelwater opleverde. Het *Jaarverslag* van 1960 meldt met trots: 'Het natriumbisulfiet-nieuws heeft zich als een lopend vuur door de Nederlandse wasindustrie en chemicaliënhandel verspreid. Aan het eind van 1960 werd het in verreweg de meeste wasserijen toegepast. Algemene toepassing betekent alleen voor de commerciële wasserijen een besparing van ca. f. 900.000 per jaar ...'⁷⁰

CONTRACTONDERZOEK EN ANDERE VORMEN VAN KENNISBENUTTING

De belangrijkste vorm van kennisbenutting bij TNO is tegenwoordig het contractonderzoek: 240 miljoen euro, meer dan 40% van de totale omzet. Bedrijfsleven en overheden nemen ieder 70 tot 75 miljoen euro (29 tot 31% van het contractonderzoek) voor hun rekening. Verder verdient TNO 35 miljoen euro (15% van het contractonderzoek) met opdrachten van andere kennisinstellingen en 60 miljoen euro met internationale contracten (25% van het contractonderzoek, exclusief de Europese Commissie). (Zie tabel 20.3.)

TNO heeft ongeveer 4500 opdrachtgevers per jaar.⁷¹ Naar schatting zorgen 45 tot 50 klanten (ofwel 1% van alle klanten) voor 50% van de omzet, terwijl ruwweg 3000 klanten goed zijn voor slechts enkele procenten van de omzet. TNO heeft als grote klanten het ministerie van Defensie, ASML, KPN, de Rijkswaterstaat, Philips, het voormalige ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Deze klanten sluiten jaarlijks voor ettelijke miljoenen euro's aan contracten af. De 3000 kleinste klanten besteden elk jaarlijks minder dan 10.000 euro. Dan resteren er nog zo'n 1500 klanten die goed

zijn voor 10.000 euro tot ettelijke honderdduizenden euro's.

De toegevoegde waarde van het collectieve onderzoek is hier vooral op drie manieren terug te zien. Een deel van de contracten heeft betrekking op specialistische advisering. Een ander deel bestaat uit het combineren van bestaande TNO-kennis en TNO-oplossingen. Tot slot is er contractonderzoek waarbij kennis ontwikkeld wordt die grotendeels op de behoefte van de klant is afgestemd. In alle drie de gevallen wordt de kennisbasis van TNO gemobiliseerd die voor een belangrijk deel met collectieve research is opgebouwd.

Collectief onderzoek vindt via deze drie wegen zijn weg naar innovaties. Een belangrijk deel van het contractonderzoek maakt deel uit van innovatieprocessen binnen bedrijven.⁷² Het gaat dan vooral om grote bedrijven en een klein deel van het midden- en kleinbedrijf. In een aantal gevallen hebben wij dergelijk onderzoek meer in detail kunnen beschrijven. Zo droeg TNO op enkele onderdelen bij aan een nieuwe generatie motoren bij DAF en aan een nieuwe generatie chipproductieapparaten van ASML (zie hoofdstukken 6 en 7). Het gaat daarbij om maatwerk door TNO. Het bedrijf stuurt echter het innovatieproces volledig aan en heeft de kerncompetenties voor dat proces zelf in huis. Overigens wil dat nog niet zeggen dat een innovatie ook daadwerkelijk tot stand komt. Er kunnen allerlei redenen zijn voor het mislukken of niet doorgaan van een innovatie.

In sommige gevallen is de inbreng van TNO in innovatieprocessen groter. Zij begeleidt dan het ontwerpproces, doet aan ontwikkeling, vervaardigt prototypen en adviseert over zaken zoals aanpassing van de organisatie en de marktintroductie. Veelal verleent zij deze diensten aan het midden- en kleinbedrijf (zie het volgende hoofdstuk). De economische, toegevoegde waarde van het collectieve onderzoek en het daarmee samenhangende contractonderzoek is niet bekend, als die al te berekenen is. TNO kent echter een grote klantenkring, die TNO regelmatig verkiest boven andere nationale en internationale kennisinstellingen en die de TNO-dienstverlening honoreert met een ruime voldoende (4,0 op een satisfactieschaal van 5). Het is een indicatie voor het ervaren nut van het TNO-onderzoek in een commerciële context.

TNO kent nog een andere vorm van kennisbenutting, namelijk haar eigen bedrijven, goed voor 14% van de totale omzet. TNO neemt deel in circa 80 bedrijven met ruim 680 medewerkers.⁷³ Zij vallen onder de holding TNO Bedrijven BV. Jaarlijks komen er meerdere bedrijven bij, maar worden er ook enkele vervreemd.⁷⁴ Er zijn verschillende categorieën BV's. Een categorie richt zich op testen, keuren en certificeren, zoals TNO Certification. Daarnaast zijn er technologische producten die bij TNO grotendeels uitontwikkeld zijn en geen onderzoeksuitdaging meer kennen, maar wel commercieel interessant zijn. Madymo International verkoopt een dergelijk product, namelijk een geavanceerd rekenmodel voor botsproeven. Ten slotte zijn er BV's die innoveren. Zij brengen nieuwe technologische producten op de markt. Zo is het bedrijf MA3 Solutions gespecialiseerd in geautomatiseerde precisieassemblage voor microsystemen. Samen met de bedrijven Nyquist en Te Strake zette TNO het product in 2003 in de markt. TNO begeleidt het proces van oprichting, verzelfstandiging en vervreemding. Ook voor deze categorie is de economische, toegevoegde waarde moeilijk te bepalen. Wel is bekend dat het rendement op het bruto geïnvesteerd vermogen in TNO Bedrijven BV circa 15% bedraagt.

Nauw verwant met deze valorisatiecategorie is het te gelde maken van de TNO-octrooien. Het collectieve onderzoek kan tot uitvindingen leiden (zie ook tabel 20.3). Om de marktkansen van die uitvindingen te vergroten, voert TNO sinds eind vorige eeuw een actief beleid in het beschermen en exploiteren van haar intellectueel eigendom. Het

merendeel van de uitvindingen, voornamelijk door octrooien beschermd, is beschikbaar voor marktpartijen. Dat kan variëren van een niet-exclusief tot een exclusief gebruiksrecht, en kan gaan in de vorm van licenties of op basis van een verkoop met volledige overdracht van de rechten.⁷⁵

Het TNO-defensieonderzoek vormt weer een andere categorie van kennisbenutting. TNO was wat betreft dit onderzoek tot voor kort het 'huislaboratorium' van Defensie. Net als in de industrie vervulde het drie klassieke functies, namelijk dat van testlaboratorium, ontwikkelingslaboratorium en onderzoekslaboratorium. Die functies zal het defensieonderzoek ook in de toekomst blijven vervullen, maar TNO zal op vele terreinen niet meer exclusief voor defensie gaan werken. Bovendien is er vanwege bezuinigingen fors ingeleverd op de functie van onderzoekslaboratorium.

Het defensieonderzoek heeft ongetwijfeld de meeste innovaties binnen TNO voortgebracht. Deel III van dit boek, 'Defensie en Veiligheid', leest vaak als een aanschakeling van nieuwe wapens, militaire apparaten en militaire systemen. Het deel laat zien dat verkennend onderzoek onontbeerlijk is geweest om die innovaties tot stand te brengen. Onderzoek en ontwikkeling grepen in elkaar zoals dat ook bij multinationals als Philips en DSM het geval was. Het in productie nemen en het toepassen van de nieuwe technieken gebeurden veelal binnen het netwerk van TNO, de krijgsmacht en Thales Nederland (en haar voorgangers); universiteiten kwam men in die netwerken nauwelijks tegen, omdat zij weinig defensieonderzoek deden. Het afstemmen van de activiteiten binnen de netwerken zal zeker dezelfde problemen hebben gekend als in het bedrijfsleven en daarmee innovaties in de weg hebben gestaan. Hoewel de succesvolle innovaties in deze geschiedschrijving de meeste aandacht hebben gekregen, is in het deel ook regelmatig sprake geweest van innovaties die het niet hebben gehaald. Over de economische, toegevoegde waarde van het defensieonderzoek is geen uitspraak te doen.

KENNISVALORISATIE IN ENGE EN IN BREDE ZIN

Kennisvalorisatie - het beleidsjargon voor kennisbenutting - kan in enge en in brede zin worden gedefinieerd. In enge zin betekent kennisvalorisatie de toepassing van kennis bij de oplossing van de problemen van een kennisgebruiker. In brede zin gaat het om een proces '... om kennis geschikt en/of beschikbaar te maken voor economische en/of maatschappelijke benutting en te vertalen in concurrerende producten, diensten, processen en nieuwe bedrijvigheid'.⁷⁶

Kennisvalorisatie in enge zin is vooral van toepassing op het TNO-contractonderzoek, TNO Bedrijven en delen van het TNO-defensieonderzoek. Het nut staat buiten kijf, hoewel het niet altijd in economische termen te duiden is. Innoveren is een belangrijk doel.

Een interessante vraag is in welke mate collectief onderzoek noodzakelijk is voor de kennisvalorisatie in enge zin.⁷⁷ TNO wordt voor circa een derde gefinancierd door de overheid en de organisatie besteedt dat geld aan collectief onderzoek. Is dat veel of weinig? 'Gerealiseerde marktomzet kan hierbij als parameter worden gehanteerd ...', aldus in 2004 de commissie-Wijffels, die TNO had onderzocht.⁷⁸ Maar zij laat in het midden hoe groot die marktomzet dan wel moet zijn om een zekere hoogte van de subsidie te rechtvaardigen. De TNO-subsidie is in ieder geval aanzienlijk afgenomen. Vijftig jaar geleden was die nog twee derde van de omzet. Zou TNO zonder subsidie kunnen, zoals bijvoorbeeld de ingenieursbureaus? Dat is moeilijk voor te stellen, indien men de essentie van TNO niet wil aantasten. Ingenieursbureaus investeren nauwelijks in kennisontwikkeling. Zij maken vooral gebruik van beschikbare kennis en doen ervaring op met het toepassen van kennis. Het ontwikkelen van kennis en het rijp maken voor

de markt zijn kerncompetenties van TNO. Zij vormen de basis voor het contractonderzoek en de andere commerciële activiteiten. Die competenties worden ontwikkeld met behulp van collectief onderzoek in een proces dat kennisvalorisatie in brede zin wordt genoemd.

Kennisvalorisatie in brede zin heeft betrekking op collectieve kennis die via allerlei wegen al of niet op korte termijn mogelijk benut wordt. Dat maakt de commerciële uitkomsten van collectief onderzoek onzeker, terwijl de verwachtingen hoog zijn. Kant en klare sets van indicatoren voor valorisatie zijn niet beschikbaar en evaluaties schieten vaak tekort. Dat geeft volop voedsel aan discussies over het nut van het collectieve onderzoek.

Cruciaal voor een goed verlopend valorisatieproces blijkt de interactie en samenwerking tussen de betrokken partijen te zijn: duidelijkheid over de verantwoordelijkheden binnen het programma, overeenstemming over de doelstellingen en bewustzijn over de processen in de diverse onderzoeksfasen.⁷⁹ In dat proces valt er veel te bediscussiëren tussen de kennisorganisaties, de kennisgebruikers en intermediaire organisaties als de overheid. Een belangrijk punt van de kennisorganisatie is vaak in hoeverre zij de vrijheid krijgt om risicovol onderzoek te doen. Belangrijke punten voor de kennisgebruiker zijn de toepassingsgerichtheid (op welke termijn zijn relevante resultaten te verwachten?) en die van het intellectueel eigendom (wie krijgt de beschikking over commercieel interessante onderzoeksresultaten?). De intermediaire organisatie stelt onder andere de vraag naar de doelmatigheid en doeltreffendheid van de subsidie. De uitkomst van die discussies is iedere keer anders, afhankelijk van de verhoudingen tussen de partijen, de dynamiek op een kennisdomein, de economische situatie, het technologiebeleid van de overheid, et cetera. Ieder collectief onderzoeksprogramma kent daarom zijn eigen invulling van de valorisatiekwesitie en moet daarop beoordeeld worden.

Bij TNO heeft valorisatie van collectief onderzoek vooral drie dimensies.⁸⁰ Op de eerste plaats brengt haar onderzoek nieuwe kennis, nieuw instrumentarium, nieuwe analysemethoden, nieuwe modellen en nieuwe theorieën voort en voegt zij al die kennis-elementen toe aan de mondiale kennisvoorraad. Deze ontwikkelde kennis is wereldwijd beschikbaar om benut te worden.

Op de tweede plaats is TNO een intermediair tussen de gigantische mondiale kennisvoorraad en de behoeften van de Nederlandse samenleving. Met het collectieve onderzoek onderhoudt en bouwt TNO voortdurend netwerken, waarin enerzijds de vragen van het bedrijfsleven en sectoren als gezondheid, veiligheid en ruimtelijke ordening worden verkend en anderzijds het aanbod aan kennis in kaart wordt gebracht.

Dan is er een derde en vaak onderbelichte dimensie. In het collectieve onderzoek transformeert TNO de mondiaal beschikbare kennis en produceert zij kennis die specifiek nodig is voor de Nederlandse samenleving, het Nederlandse bedrijfsleven, een bedrijfstak of zelfs een individueel bedrijf. Een illustratief voorbeeld is het ontwikkelen van keuringsmethoden en -protocollen door TNO. Het resultaat is een Nederlandse norm (NEN norm) of een Nederlandse keuringswet. In feite geldt het voor alle technisch-maatschappelijke sectoren. Het vraagstuk van de mobiliteit in Nederland is van een andere aard dan elders in de wereld. Dat geldt ook voor de vraagstukken van de chemie, de energie, de bouw, het milieu, et cetera. Natuurlijk kennen de vraagstukken algemene dimensies, maar technologische ontwikkeling vereist aanpassing aan de nationale en lokale context. TNO beschikt daarom deels over unieke kennisdomeinen. Zij ontleent haar legitimering in belangrijke mate aan haar Nederlandse identiteit.

Harry Lintsen

21. HOE BEREIKT TNO HET MIDDEN- EN KLEINBEDRIJF?

'TNO werkt veel samen met heel veel bedrijven in het midden- en kleinbedrijf (MKB)', stelde Hans Huis in 't Veld, voorzitter van TNO.⁸¹ De contacten zijn 'intensief en divers'. Het MKB verstrekt opdrachten aan TNO. Het maakt gebruik van verschillende regelingen zodat bedrijven TNO kunnen inschakelen voor onderzoek. Daarnaast zijn er nog de informele marktcontacten. 'Alles bij elkaar bereikt TNO in vier jaar op een of andere manier de hele doelgroep', zegt Jos Louwe van Strategie & Planning TNO. En die doelgroep heeft een forse omvang, namelijk 75.000 ondernemingen.⁸²

Dat klinkt succesvol, maar er is iets merkwaardigs. De relatie TNO en MKB wordt door de overheid tegelijkertijd als problematisch gezien. Een commissie onder leiding van Herman Wijffels, toenmalig voorzitter van de Sociaal-Economische Raad (SER), kreeg de opdracht om het functioneren van TNO en andere kennisinstituten te evalueren. Zij vroeg zich af '... of de prestaties van TNO groot genoeg zijn en in goede verhouding staan met de significante overheidssubsidie ...'. Volgens het eindrapport uit 2004 kon dat niet overtuigend worden aangetoond. Vooral de bijdrage van TNO aan innovatieprocessen in het MKB werd in twijfel getrokken.⁸³ In datzelfde jaar kwam de Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT) tot de conclusie dat de toegankelijkheid van de publieke kennisinfrastructuur voor het MKB 'voor verbetering vatbaar' was. TNO werd daarbij met name genoemd.⁸⁴ Ook het ministerie van Economische Zaken was de afgelopen jaren druk bezig met het MKB en nam allerlei initiatieven en maatregelen om die toegankelijkheid, onder andere tot TNO, te verbeteren.

Hoe zijn deze twee visies met elkaar te rijmen? Heeft TNO onvoldoende zelfkennis en schat zij haar verhouding tot het MKB verkeerd in? Of zijn de analyses van Wijffels c.s. en de AWT onvoldoende diepgravend? Uit een historische beschouwing komt een ander beeld naar voren. De relatie tussen TNO en het bedrijfsleven is ingrijpend veranderd. Wat is er precies gebeurd?

HET MKB, EEN OUDE LIEFDE

De verhouding tot het MKB was lange tijd binnen en buiten TNO geen vraagstuk. De Nijverheidsorganisatie TNO en de Voedingsorganisatie TNO, twee van de vier poten van TNO, waren verankerd in het bedrijfsleven en dat bestond hoofdzakelijk uit kleine en middelgrote ondernemingen. Brancheorganisaties onderhielden hechte relaties met onderzoeksinstituten. In besturen, commissies en researchverenigingen zaten ondernemers, directeuren en technici, vooral van middelgrote en grote bedrijven. Zij gaven vorm aan het zogenaamde collectieve onderzoek van TNO en de uitkomsten van dat onderzoek werden verspreid binnen de branche of de aangesloten bedrijven. De 'gemengde organisatie' was de basis van dit stelsel bij TNO (zie hoofdstuk 19).

Een voorbeeld uit de vroege geschiedenis. In 1937 werd het Proefstation voor de Wasserij-industrie opgericht. De eerste drie jaar werd het geheel gefinancierd door brancheorganisaties, daarna deels ook door het ministerie van Handel en Nijverheid. De bedrijfstak bestond hoofdzakelijk uit kleine en middelgrote bedrijven. Het proefstation, dat later officieel als Wasserij-instituut onder TNO zou vallen, deed onderzoek naar wasmiddelen, machines en textiel.⁸⁵

Tijdens de oorlog werd er onderzoek gedaan naar nieuwe wasprocedures. Gezien de schaarste aan wasmiddelen, zette het Proefstation in op het zogenaamde zeeploos wassen. Na de oorlog hielden onderzoekers zich bezig met de oorzaak van slijtage aan kleding. Zij bewezen keer op keer de goede kwaliteit van de wasresultaten van de wasserijen in vergelijking met het thuiswassen. Effect op de publieke opinie om de was uit te besteden had dit echter niet. Integendeel, de huisvrouw ging steeds meer thuis wassen. Wasserijen gingen zich daarop richten op grootgebruikers (hotels, ziekenhuizen, e.d.). De onderzoekers volgden in hun spoor.⁸⁶

Met dit voorbeeld kunnen verschillende vraagstukken worden geïllustreerd waarmee de onderzoeksinstituten van TNO die collectief onderzoek deden, kampten. Een van de vragen is of dergelijk onderzoek niet door commerciële kennisorganisaties verricht kon worden. Zo had het Proefstation voor de Wasserij-industrie concurrentie van een zekere dr. ir. Hennie de Wijs, die sinds 1930 een adviesbureau en laboratorium voor wastechniek had. Zij was tot scheikundig ingenieur opgeleid en aan de Technische Universiteit Delft gepromoveerd. De Wijs had een uitstekende naam onder wasserijen en ze had goede contacten met de Nederlandse Vereniging van Huisvrouwen. Ze deed al vroeg onderzoek naar het zeeploos wasprocedé en vroeg als eerste een octrooi aan. Daarmee maaide zij het gras voor de voeten van het ambitieuze en net opgerichte Proefstation weg.⁸⁷ De Wijs zou tot de jaren zestig een concurrent voor het Proefstation blijven.

Een andere vraag betreft de eigendomsrechten van de onderzoeksresultaten. In het geval van het zeeploos wassen claimden de brancheorganisaties het monopolie over de kennis van het Proefstation voor de Wasserij-industrie. Die claim hield zes maanden stand. Tot woede van de wasserijen publiceerde het Vezelinstituut van TNO een communiqué in Nederlandse dagbladen over het wassen zonder zeep, met name op huisvrouwen gericht. Dit geschiedde op herhaaldelijk verzoek van het Departement van Handel en Nijverheid. De kennis was verstrekt door ir. R. Smit, directeur van het Proefstation, tevens medewerker van het Vezelinstituut. Smit verklaarde uit 'algemeen belang' te handelen. Een door de overheid gesubsidieerde instelling kon in de oorlogssituatie dergelijke cruciale kennis voor huisvrouwen niet achterhouden.

Ook is het de vraag welk deel van het MKB door TNO werd bereikt. TNO ging vooral in zee met brancheorganisaties en researchverenigingen en daarvan profiteerden vooral de aangesloten bedrijven. Het MKB (in die tijd gedefinieerd als bedrijven met maximaal 50 werknemers) was aanzienlijk uitgebreider en bestond uit circa 325.000 bedrijven (in 1963). TNO zocht voortdurend naar mogelijkheden om de MKB-markt verder te verkennen en had daartoe contact met de Rijksnijverheidsdienst. Deze was in 1913 opgericht met het expliciete doel om als intermediair te dienen bij kennisvragen van het bedrijfsleven, vooral het MKB. De consultants van de dienst inventariseerden voor bedrijven gratis de relevante literatuur en documentatie, organiseerden tentoonstellingen en demonstraties, legden contacten met leveranciers en afnemers, gaven lezingen en verwezen door naar kennisorganisaties, onder andere naar TNO. De Rijksnijverheidsdienst kreeg in 1959 naar schatting 12.000 adviesaanvragen te verwerken. Deze laagdrempelige organisatie bereikte dus jaarlijks ongeveer 3 tot 4% van het MKB. In de jaren tachtig werd de dienst gereorganiseerd en omgevormd tot het Innovatiecentrum, dat is opgegaan in het tegenwoordige Syntens. Onder die naam komen wij haar verderop weer tegen.

TNO was in vele MKB-sectoren actief. Vermoedelijk bereikte zij van het MKB hoofdzakelijk de middelgrote bedrijven. Kleine bedrijven (1-5 werknemers) zal ze ook als klant hebben gehad, maar dan alleen voor het testen en keuren. Middelgrote bedrijven werkten vooral met TNO samen in een collectief verband. Zij beschikten doorgaans niet over dure laboratoriumfaciliteiten. Collectief onderzoek bood hun de mogelijkheid om knelpunten in hun bedrijf met collega's te bespreken, de internationale kennispool te mobiliseren en generiek onderzoek te doen. Specifieke onderzoekswensen konden zo mogelijk nog via contractresearch worden ingewilligd.

Diverse onderzoeksinstituten van TNO hadden door deze oriëntatie een praktische inslag. Zij moesten concrete problemen aanpakken. Technici, vooral van middelbare en hogere technische scholen en deels met jarenlange ervaring in het MKB, bevolkten de laboratoria. De overdracht van kennis had voortdurend de aandacht. Dat was niet altijd makkelijk. Bedrijven moesten het vermogen hebben om specialistische kennis te absorberen en dat was bij het MKB een probleem. Zo vroeg een speurwerkcommissie

in 1967 aan TNO om zich over deze problematiek te buigen en riep zij kleinere bedrijven op om een minimale technische staf in stand te houden.⁸⁸ TNO besloot meer tijd en energie in het MKB te steken en ook de publiciteitsfunctie te versterken.⁸⁹

Dit beeld gaat grosso modo op voor de toenmalige Nijverheidsorganisatie TNO en Voedingsorganisatie TNO. Toch had ieder onderzoeksinstituut zijn eigen karakteristieken. Zo bezat het Centraal Technisch Instituut in beperkte mate relaties met het MKB. Het was primair opgericht om de instituten van de Nijverheidsorganisatie van TNO terzijde te staan op chemisch- en fysisch-technologisch gebied. Maar zelfs deze breed georiënteerde en meer onderzoeksgerichte dienst werkte voor kleinere bedrijven. Een van de twee hoofdterreinen was de warmtetechniek. In dat kader onderzocht het instituut bijvoorbeeld voor de Zuivelbonden de mogelijkheden van brandstofbesparing bij boter- en kaasfabrieken. Ook bedrijven in de bouw schakelden het instituut in, en wel om de warmtegeleiding van bouw- en isolatiematerialen te bepalen. Het laatste type opdrachten kon worden uitgevoerd omdat er een langdurig programma naar het transport van warmte en vocht door bouwconstructies liep.⁹⁰

OPNIEUW OP ZOEK NAAR HET MKB (NA 1970)

TNO moest zich meer op de markt richten, zo werd er vanaf de jaren zeventig regelmatig geroepen. De overheid vond dat TNO meer haar eigen broek moest ophouden en schiep het beeld van een wereldvreemde organisatie die op kosten van de overheid met fundamentele research bezig was. TNO moest op zoek gaan naar dat deel van het bedrijfsleven dat op contractbasis met haar in zee wilde gaan. De problematische overheidsfinanciën versnelden dit proces. TNO werd een organisatie voor contract-onderzoek; collectief onderzoek boette aan belang in. Daarmee voelden overheid en TNO dat zij een liefde gingen verliezen en stelden zij de relatie tot het MKB vanaf die tijd herhaaldelijk aan de orde.

Meer aandacht voor het MKB kwam er ook omdat in de laatste decennia van de twintigste eeuw politiek en bestuur deze sector herontdekten. De veranderende economische structuur, met een minder dominante positie van de grote multinationals, droeg daar zeker aan bij. Ook zag men een belangrijke rol voor het MKB weggelegd in het economische herstel. Dat herstel moest van innovaties komen en daar achtte men vooral de kleinere en flexibele bedrijven toe in staat en niet de grote, logge en bureau-cratische ondernemingen.

Dan speelde er nog een interne discussie. TNO diende in het oude model voor een aantal branches als een *one-stop-shop* met het branche-instituut als ingang. Deze ambitie werd echter niet langer haalbaar geacht door de snelle specialisaties op het technologisch domein van de branches. TNO moest haar relaties met het MKB dan ook veranderen.

TNO besloot in 1980 een einde te maken aan de gemengde organisatievorm om het onderzoek te coördineren en te sturen. Researchverenigingen werden in groten getale opgeheven en TNO-onderzoeksinstituten verdwenen bij reorganisaties. Wat er met de oude netwerken gebeurde, was niet duidelijk. Spoedig ontstonden er initiatieven om de relatie met het MKB opnieuw vorm te geven.⁹¹

Een opvallend initiatief van de jaren zeventig was het Experimentele Project Industriële Innovatie van TNO en FME. TNO riep hiervoor de Innovatie Advies Groep in het leven. Het project werd uiteindelijk als Project Industriële Innovatie (PII) tot 1984 voortgezet, met subsidie van het ministerie van Economische Zaken. Doel van het PII was het ontwikkelen van een methodiek om innovatie te bevorderen, met name bij het MKB. Het PII poogde verder de organisatieadvieswereld op te leiden in vraagstukken

rond innovatie. Volgens TNO was het PII succesvol: 83% van de deelnemende bedrijven had na afloop van het project een nieuwe activiteit gerealiseerd. Tevens waren er nieuwe, innovatieve bedrijven van start gegaan.⁹²

In het verlengde van PII lag het KMO-programma voor kleine en middelgrote ondernemingen, dat tussen 1985 en 1996 draaide. Centraal hierin stond de kennisoverdracht van TNO naar deze bedrijven. Jaarlijks werden er 50 tot 60 spreekdagen georganiseerd. TNO schakelde daarbij accountants en banken in, die veel contacten met het MKB hadden. Vervolgens was het eerste consult voor een geïnteresseerd bedrijf gratis. Veel consulten kwamen bij het Productcentrum TNO terecht.⁹³

Het MKB kon vanaf 1986 bij het Productcentrum terecht voor het ontwikkelen van nieuwe producten. Het centrum was de voortzetting van het Instrumentum TNO, oorspronkelijk een van de instrumentenmakerijen van TNO.⁹⁴ Het maken van instrumenten en het vervaardigen van prototypen van nieuwe producten lagen in elkaars verlengde. Daaraan werd de competentie van de productontwikkeling toegevoegd. Deze bestreek een scala van activiteiten. Die liepen uiteen van een vooronderzoek met een probleem-analyse, een octrooionderzoek, een studie naar normen en de inventarisatie van de randvoorwaarden tot het maken van een nulserie met een protocol voor de werkvoorbereiding, het begeleiden van toeleveranciers en het ontwikkelen van controle- en testmethoden. Daartussen moest van alles gebeuren: het genereren van ideeën, het maken van schetsontwerpen, het leveren van werktekeningen, het vervaardigen van proefmodellen en het maken van prototypen. Bedrijven betaalden tussen de 5.000 euro en 70.000 euro, afhankelijk van de lengte van het traject. Het centrum ontwikkelde bijvoorbeeld een barcodelezer, een ananassnijder, een zelfsluitende chemicaliënkast en een densitometer voor de kwaliteitscontrole van drukwerk op offsetdrukpersen. Het Productcentrum TNO bedroop zich grotendeels met industriële opdrachten en maakte nauwelijks gebruik van subsidies. In 1996 ging het op in de Hoofdgroep Industriële Producten en Diensten.⁹⁵

HET MKB EN DE HEDENDAAGSE KENNISINFRASTRUCTUUR

Waar hebben al deze initiatieven toe geleid? Wat is de rol van TNO in het innovatieve MKB? Hét MKB bestaat niet, aldus de AWT: 'Binnen het MKB is sprake van een grote diversiteit in de wijze waarop bedrijven innoveren en daarmee ook in de behoeften en knelpunten wat betreft kennisbenutting'.⁹⁶ Het MKB (tegenwoordig gedefinieerd als bedrijven met één tot 250 werknemers) telt nu ruim 650.000 bedrijven. Met 2,8 miljoen werknemers verschaft het bijna 60% van de werkgelegenheid en zet het 450 miljard euro om, ruim 50% van de omzet van het Nederlandse bedrijfsleven. Achter deze getallen gaat een bonte variëteit aan bedrijven en bedrijfjes schuil: het café, het boekhoudkantoor, het ontwerp bureau, de machinefabriek, de spuitgieterij en het softwarebedrijf.

Het MKB is op verschillende manieren in te delen. Voor deze studie is een indeling naar innovatiepraktijk het meest relevant. Het MKB kan dan - aldus de AWT - worden ingedeeld naar 'koplopers' in innovaties, 'toepassers' in innovaties en een restcategorie. Die laatste categorie, waarvoor innovatie niet belangrijk is, blijkt overigens de grootste te zijn: meer dan 400.000 bedrijven. De 'koplopers' binnen het MKB doen zelf aan onderzoek en beschikken over eigen researchfaciliteiten met bijbehorende staf. Het aantal 'koplopers' wordt geschat op circa 10.000 bedrijven. Dan is er de grote groep van 'toepassers' van innovaties, ruw geschat 210.000 bedrijven. Deze groep bestaat enerzijds uit 'ontwikkelaars', die bestaande kennis en technologieën op een slimme manier combineren tot een nieuw product, proces of een nieuwe dienst; daarvoor hebben zij nauwelijks researchfaciliteiten nodig, maar wel ontwerpers die nieuwe concepten ontwikkelen. Anderzijds zijn er de 'volgers'. Ook zij innoveren, maar lopen daarin niet

voorop en passen uitsluitend bewezen kennis en technologie toe. Daarom behoeven zij niet over researchfaciliteiten te beschikken.

TNO richt zich vooral op de 'koplopers' en de 'ontwikkelaars', en in mindere mate op de 'volgers'. Dat betekent een potentiële klantenkring van circa 150.000 bedrijven. Op een aantal gebieden heeft TNO echter geen expertise. Uiteindelijk komt het erop neer dat ongeveer 75.000 bedrijven van de 'koplopers' en de 'toepassers' tot de doelgroep worden gerekend. Wat kan TNO voor deze bedrijven betekenen? En vooral, wat is haar betekenis voor het MKB in relatie tot andere kennisbronnen?

Het innovatieve MKB staat voor een serie uitdagingen: de beschikbaarheid van kapitaal, een goede risico-inschatting, de realisering van een flexibele bedrijfscultuur, et cetera. Een van die uitdagingen is het optimaal benutten van kennis en dat vraagt om een adequate kennisinfrastructuur voor het MKB. Onderzoek is duur en risicovol. Bedrijven van het MKB kunnen de investeringen doorgaans niet opbrengen. Samenwerking en subsidies kunnen in dat geval een uitkomst bieden. Verder beschikken bedrijven van het MKB intern niet over alle benodigde kennis en relevante informatie, omdat zij doorgaans gespecialiseerd zijn. Technische, commerciële en managementkennis zijn bij innovaties vaak onvoldoende aanwezig, zo blijkt uit studies.⁹⁷ MKB-ondernemers werken daarom samen met externe partijen, deels behorend tot de publieke kennisinfrastructuur.

Bij 90% van de innovaties spelen externe partijen een rol en in 40% van de gevallen zelfs drie of meer partijen. Uit onderzoek blijkt verder dat leveranciers en klanten de belangrijkste partijen zijn. In 35 tot 50% van de innovaties wordt er met hen samengewerkt. Ook familie en vrienden doen mee, én adviseurs, collega-bedrijven, kennisinstellingen (hogescholen, TNO), overheden en intermediairs (Syntens, Kamer van Koophandel, etc).⁹⁸ Indien wij met name de externe kennisbronnen onderzoeken die het MKB mobiliseert, dan blijken leveranciers en concurrenten (of collega-bedrijven) verreweg de belangrijkste kennisbronnen te zijn. Afhankelijk van het type innovatie worden leveranciers in 40 tot 70% van de innovaties gemobiliseerd en 'concurrenten' in 20 tot 30%. Kennisinstellingen blijven daarbij achter. Onderwijsinstellingen als de hogescholen worden maximaal in 10% van de gevallen genoemd en TNO maximaal in 5%, afhankelijk van het type innovatie (automatisering, productinnovatie, procesontwikkeling, etc.).⁹⁹ Al deze partijen tezamen bieden de MKB-ondernemers voldoende mogelijkheden om aan informatie te komen. Het innovatieve MKB geeft aan dat kennis voor hem geen knelpunt vormt in het innovatieproces.¹⁰⁰

HET MKB EN TNO

Al mag TNO niet het meest door MKB-ondernemers worden genoemd, de organisatie poogt hen zowel individueel als collectief op verschillende manieren te bereiken. De kleine groep van 'koplopers' heeft de kans om via het cofinancieringsprogramma mee te doen aan de kennisopbouw binnen TNO op strategische en specialistische gebieden, bijvoorbeeld geavanceerde fabricagetechnieken waarmee precieze bewerking op microschaal van kunststof materialen mogelijk is. De financiële bijdrage wordt gemixt met de overheidssubsidies die TNO voor dat onderzoek ontvangt (voor het cofinancieringsprogramma: zie hoofdstuk 20). De bedrijven gebruiken de ontwikkelde kennis voor hun innovaties. De rol van TNO is bij de kleine groep van 'koplopers' vaak van strategisch belang. Het gaat vooral om bedrijven uit de chemische en kunststoffenindustrie, de ict- en de elektronica-sector, de machine- en de metaalindustrie. Die 'koplopers' zijn te vinden in de openinnovatienetwerken waarin grote bedrijven als Philips, ASML en DSM de klanten zijn en hoogtechnologische bedrijven uit het MKB de leveranciers van speciale prints, medische implantaten, microspuitgietwerk en dergelijke.

Andere regelingen en programma's van TNO zijn meer gericht op kennisoverdracht naar de 'toepassers' binnen het MKB. TNO betaalt deze programma's uit de rijksbijdrage die zij van het ministerie van Economische Zaken ontvangt. Zij zoekt ook de samenwerking met de hogescholen en Syntens om het MKB te bereiken. Sommige TNO'ers gaan als lector aan de slag bij een hogeschool. Syntens ontstond in 1998 uit een fusie van IMK-Voorlichting en de InnovatieCentra. De organisatie heeft ruim 275 fulltime adviseurs in dienst, die gezamenlijk bijna twintigduizend bedrijven bezoeken, met name van het MKB.¹⁰¹

Het bouwen aan 'technologieclusters' is een van de TNO-programma's. De opzet is dat een MKB-ondernemer een actief cluster van minimaal vijf bedrijven samenstelt. Het project moet een uitstraling hebben naar een grotere groep. De bedrijven moeten gezamenlijk 10% in de kosten bijdragen. TNO, Syntens, hogescholen en brancheorganisaties zijn beschikbaar ter ondersteuning. Zo wilde ligfietsbouwer Flevobike in Dronten meer weten over de mogelijkheden van magnesium als constructiemateriaal. Directeur Johan Vrielink zocht elf bedrijven bij elkaar. Samen vormden zij het cluster 'Kennisoverdracht magnesiumverwerking'. Hierin komen sterkte- en stijfheidsgegevens, nabewerkingsmogelijkheden, verbindingsmogelijkheden en beschikbare oppervlaktebehandelingen aan de orde. TNO brengt haar uitgebreide kennis in.¹⁰²

De programma's van TNO zijn deels op individuele bedrijven en deels op een collectiviteit van bedrijven gericht.¹⁰³ Brancheorganisaties hebben in sommige programma's een speciale rol. In het zogenaamde Branche InnovatieContract (BIC) gaat TNO met een brancheorganisatie een contract aan voor kennisoverdracht op specifieke gebieden. Daarbij zijn ook altijd individuele bedrijven betrokken. De brancheorganisatie betaalt 10% van de projectkosten. TNO betaalt de rest uit de rijksbijdrage die zij van het ministerie van Economische Zaken ontvangt.

Naast TNO heeft Economische Zaken zijn eigen regelingen. Een populaire maatregel was, bijvoorbeeld, de invoering van innovatievouchers in 2004. Deze vouchers stelden een bedrijf in staat om advies in te winnen op basis van een korte onderwerpomschrijving bij een kennisinstelling als TNO of een groot bedrijf voor 2500 euro of 7500 euro. 'De vouchers zorgden voor de ultieme vraagsturing op het gebied van innovatiestimulering. Bedrijven konden volledig zelf bepalen welke vraag ze ermee wilden oplossen en met welke kennisinstelling ze dat wilden doen ... De innovatievouchers bleken precies zo laagdrempelig te zijn als bedoeld ...'.¹⁰⁴ Ook de evaluatie van de regeling was positief. Het aantal beschikbare vouchers steeg snel: van 100 in 2004 tot 3000 in 2006. In 2011 werd de regeling beëindigd.

Vanaf 1980 zijn er diverse initiatieven genomen om nieuwe netwerken met het MKB (en dan met name met de 'toepassers') te ontwikkelen en de bestaande te versterken. Net als bij de subsidies voor collectief onderzoek zijn er twee kanttekeningen te plaatsen. De regelingen en programma's worden vaak niet of in beperkte mate geëvalueerd. Er zijn cijfers over aantallen deelnemers en projecten en over de tevredenheid van de deelnemers, maar over de doelmatigheid en doeltreffendheid is weinig bekend. Ook wisselen de regelingen elkaar voortdurend af. Toch blijft er sprake van een zekere continuïteit, omdat TNO op eerdere ervaringen voortbouwt.

TNO doet los van deze regelingen en programma's ook gewoon opdrachten voor het MKB. Het grootste deel van de 4500 opdrachtgevers bestaat uit MKB-bedrijven. TNO heeft het over 3000 bedrijven. Zij genereren echter een klein deel van de omzet.¹⁰⁵ In de regel gaat het om kleine adviesopdrachten met een omvang van enkele dagen, in mindere mate om testen, keuren en certificeren. Voor dat laatste kan het MKB terecht bij de BV's van TNO. Uiteraard zijn er ook middelgrote bedrijven die net als het

grootbedrijf bij TNO aankloppen voor de (door)ontwikkeling van nieuwe kennis met het oog op innovatie.

Opmerkelijk is dat meer dan honderd branche- of andere intermediaire MKB-organisaties deel uitmaken van deze opdrachtgevers.¹⁰⁶ Een daarvan is de Federatie Textielbeheer Nederland, een vereniging waarvan vrijwel alle vooraanstaande wasserijen lid zijn. De federatie kent een uitgebreid onderzoeksprogramma, 'Milieu en Techniek', en werkt daarin nauw samen met het Technologisch Kenniscentrum Textielverzorging. Het centrum werd opgericht om het onderzoek voor de sector veilig te stellen.¹⁰⁷ TNO had namelijk in 2001 besloten om haar afdeling Reinigingstechnieken op te heffen en het onderzoek onder te brengen in verschillende TNO-organisaties. Tegenwoordig sluit het Technologisch Kenniscentrum Textielverzorging de contracten af met TNO.

Terwijl het vroegere Wasserij-instituut TNO als onderzoeksinstituut voor deze branche zichtbaar was, is een dergelijke organisatie binnen TNO tegenwoordig niet meer aan te wijzen. Dat betekent niet dat TNO de branche of andere branches niet meer bedient. De organisatie claimt dat ze 5000 MKB-bedrijven bereikt via haar relaties met branche-organisaties en andere samenwerkingsverbanden, en dat ze iedere vier jaar haar MKB-doelgroep bereikt, óók via cursussen, lezingen en beurzen.¹⁰⁸ Voor het onderhouden en uitbreiden van dat netwerk beschikt TNO tegenwoordig over een apart team.

NAAR NIEUWE RELATIES MET HET MKB

Regelmatig zijn er in de afgelopen decennia zorgen geuit over de relatie tussen het MKB en kennisinstellingen als met name TNO. Het MKB zou te weinig innoveren en te weinig profiteren van de publieke kennisinfrastructuur. Over het innovatieve vermogen van het MKB laat deze studie zich niet uit. Wat de relatie met de kennisinfrastructuur betreft, laat de problematiek zich moeilijk duiden. Mogelijk spelen bij de beeldvorming twee zaken een rol.

Allereerst zorgde het nieuwe beleid na 1980 voor een ander beeld van TNO. TNO als organisatie voor contractonderzoek ging zich namelijk richten op de grote, kennisintensieve bedrijven die in staat waren omvangrijke researchprogramma's te bekostigen en die op hoogwaardige kennistoepassing gericht waren. Dat beeld werkte nadelig voor grote segmenten van het MKB. De 'toepassers' in innovaties kwamen in het nieuwe verhaal van TNO weinig voor. Daarentegen telde de kleine groep van 'koplopers' uit het MKB wel mee in de nieuwe strategie. Zij kregen onder andere een plaats in de samenwerkingsverbanden van TNO en kennisintensieve bedrijven. Als toeleverende bedrijven werden de 'koplopers' in de kennisontwikkeling meegetrokken.

Een tweede factor in de beeldvorming is de diffuse relatie tussen TNO en het MKB. Vóór 1980 was de relatie geïnstitutionaliseerd in de 'gemengde organisaties' van TNO. Dat waren de samenwerkingsverbanden van de TNO-instituten met brancheorganisaties en researchverenigingen. Het Wasserij-instituut TNO, het Metaalinstituut TNO, het Houtinstituut TNO en andere instituten waren herkenbare organisaties, waarin de relatie met het MKB vorm kreeg. Na het opheffen van de gemengde organisatievorm in 1980 wordt het beeld bepaald door een verzameling van 3000 opdrachtgevers. Het is moeilijk om daar greep op te krijgen.

De kritiek op TNO in relatie tot het MKB, zoals verwoord in de inleiding van dit hoofdstuk, moet vermoedelijk vanuit de geringe zichtbaarheid van die relatie worden gezien. Hoe het ook zij, TNO is het MKB in ieder geval niet kwijtgeraakt. De relatie is wel veranderd. Vroeger verrichtte TNO vooral collectief onderzoek voor het MKB, dat via vertegenwoordigers van brancheorganisaties en researchverenigingen ruim vertegenwoordigd was in TNO-besturen en TNO-commissies. De research had vooral betekenis voor de 'toepassers' in het MKB. Tegenwoordig bepalen de 'koplopers' de

beeldvorming rond het onderzoek van TNO. Toch blijken de 'toepassers' nog steeds aan hun trekken te komen. De oude liefde heeft een ander gezicht gekregen.

Harry Lintsen

22. STAAT TNO OP EEN BREEKPUNT?

'De groote veranderingen ten goede ... in de verzorging der materiele behoeften der menschen ... zijn in hoofdzaak te danken aan de ontwikkeling der natuurwetenschappen', zo stelde de commissie-Went, die de oprichting van TNO voorbereidde, in 1925.¹⁰⁹ Deze boodschap was vóór de Tweede Wereldoorlog in alle toonaarden te horen. Op de wereldtentoonstelling van 1933 in Chicago stond de 'Hall of Science' centraal. De slogan was 'Science finds, Industry applies, Man conforms'. Tweeëntwintig miljoen mensen vergaapten zich aan wetenschappelijke hoogstandjes. Zij droomden van een nieuwe wereld zonder schaarste en vol met radio's, camera's, nylons, elektriciteit, auto's en vliegtuigen. Eindelijk zou een eeuwenlange belofte van de wetenschap in vervulling gaan, namelijk de geboorte van een welvarende wereld.

Toepassing van de natuurwetenschappen bracht volkswelvaart. Dat was wat er met een organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk-Onderzoek, ofwel TNO, werd beoogd. Zelfs de Tweede Wereldoorlog en de inzet van moderne wapentechnologie deden het geloof in de technologische vooruitgang niet wankelen. Na de oorlog was het nog steeds springlevend. TNO zou er tot in de jaren zestig haar bestaansrecht aan ontlelen.

Rond 1970 verloor het geloof echter zijn glans. Technologie bracht niet alleen vooruitgang, zij veroorzaakte ook milieuproblemen, energiecrises, wapenwedlopen, verschijnselen van vervreemding en andere problemen van de moderne wereld. Wetenschappelijke en technologische ontwikkeling vereisten opeens ook kritische reflectie en maatschappelijke alertheid. De vruchten ervan werden namelijk niet automatisch geplukt. Maatschappelijke problemen kwamen centraal te staan, in plaats van wetenschap en technologie. TNO zou haar betekenis '... meer dan tot nu toe, moeten ontlenen aan het vermogen om voor overheid, bedrijfsleven en andere sectoren van de maatschappij, een bijdrage te leveren aan de oplossing van maatschappelijke problemen ...'¹¹⁰

Die andere houding klinkt nog steeds door bij TNO. 'Innovatie heeft vooruitgang gebracht: een welvarende samenleving en een competitief bedrijfsleven', aldus begint de paragraaf over de huidige missie van TNO.¹¹¹ 'Veranderende verhoudingen in de wereld en schaarste op gebieden als energie, grondstoffen, ruimte en gezondheid ...' stellen nieuwe vragen. 'Technologische én sociale doorbraken zijn daarbij noodzakelijk. Dit betekent een combinatie van alfa-, bèta- en gammatechnologie.' De uitgangspunten voor een nieuwe missie aan het begin van de eenentwintigste eeuw, die concurrentiekracht, welzijn en duurzaamheid centraal stelt, zijn daarmee kort samengevat.

De jaren rond 1970 vormen een breekpunt. Vóór die tijd stond de Nederlandse bedrijvigheid in het teken van wederopbouw en industrialisatie. Na die tijd worstelde een modern land met de problemen van welvaart en welzijn. Welke rol vervulde TNO in beide tijdperken? Welke bijdrage leverde zij aan de geboorte van de welvaartsstaat? Hoe anticipeerde zij op de nieuwe vraagstukken? Het breekpunt had ook zijn invloed op TNO en de Nederlandse kennisinfrastructuur. TNO veranderde van een collectieve onderzoeksorganisatie in een organisatie voor contractresearch. De kennisinfrastructuur werd complexer. Wat betekende dat voor het functioneren van TNO?

We zijn nu vier decennia verder. Nederland zit midden in een crisis: het financiële systeem staat onder druk en economische stagnatie dreigt. De overheid moet zwaar bezuinigen. De internationale economische verhoudingen zijn aan het verschuiven. Het is evenwel niet de eerste keer in de afgelopen veertig jaar dat de seinen op rood staan. De jaren tachtig waren ook problematisch. Toch kan de vraag worden gesteld: is er sprake van een nieuw breekpunt? En daarmee samenhangend de vraag: in hoeverre kondigen ingrijpende veranderingen voor TNO en de Nederlandse kennisinfrastructuur

zich aan? Wij zullen ons hier niet aan een toekomstvoorspelling wagen, maar wel een poging doen de actualiteit rond TNO in een historisch perspectief te plaatsen.

HET GEDENKBOEK VAN 1957 EN DE TIJDGEEST

Het gedenboek uit 1957 is een grote lofzang op de technische en de natuurwetenschappen: 'Geen gebied van de samenleving kan het tegenwoordig nog stellen buiten de wetenschap. Overal wordt deze ingeschakeld voor de oplossing van problemen. Zij drukt haar stempel op de organisatie van de moderne maatschappij, waarvan zij het machtige en ingewikkelde radarwerk aan de gang houdt.'¹¹² De industrie had haar aarzelende houding tegenover de wetenschap losgelaten. De krijgsmacht kon niet zonder research.¹¹³ Ook voor de gezondheidszorg werd nu erkend dat 'de overheid het wetenschappelijk onderzoek behoeft als grondslag voor het door haar te voeren beleid'.¹¹⁴ Hetzelfde gold voor het voedingsonderzoek.¹¹⁵

Het gedenboek is een typisch tijdsdocument. Nog nooit was het vooruitgangsgeloof zo groot geweest. De vraag is of TNO dat geloof waarmaakte, maar ook daarover bestonden geen twijfels. Voor de leerindustrie waren er belangrijke verbeteringen tot stand gebracht: 'besparing op looistoffen, snellere bedrijfscontroles op looibaden, kunstmatig drogen van leder'. Voor de gezondheidszorg beoogde het geneesmiddelenonderzoek 'de werkzaamheid van nieuwe geneesmiddelen te toetsen'. Voor de staalconstructiebouw leidden onderzoekingen naar de krachtenverdeling bij bruggen 'tot besparing van honderdduizenden gulden alleen reeds voor Rijkswaterstaatswerken'. Voor defensie waren de onderzoekers bezig met 'radar, beeldcommunicatie, elektronisch rekenen, enz.'. Voor de kunststoffenindustrie kwamen er nieuwe producten beschikbaar: 'nieuwe harssoorten ... nieuwe stabilisatoren ... nieuwe toepassingen van kunststoffen voor verschillende artikelen'. Bovendien ontving de industrie voorlichting '... op alle gebieden van verwerking, gieten, spuiten, extruderen, lassen, walsen enz.' Zo ging de opsomming door. TNO was met succes actief in vele industriële en maatschappelijke sectoren.

In hoofdstuk 20 hebben wij geanalyseerd dat de beeldvorming van de dynamiek in die jaren niet klopte. Technologie is geen toegepaste natuurwetenschap, zoals men toen veronderstelde. Ook ontwikkelen technologie en innovatie zich niet volgens een lineair model, waarbij wetenschap de basis vormt voor nieuwe technieken, die vervolgens leiden tot industriële productie en uiteindelijk tot verkoop op de markt en gebruik door consumenten. *Technology push* gold toen niet en geldt heden den dage niet. Toch wordt daarmee geen recht aan de ervaringen van tijdgenoten gedaan. Voor hen sloot het onderzoek bij TNO en op andere plaatsen naadloos op de maatschappelijke behoeften aan. De resultaten van het onderzoek leken probleemloos hun weg naar de markt en de consument te vinden. Alles wat de onderzoekers aanraakten, leek in 'goud' te veranderen. Dat had een speciale oorzaak.

De jaren vijftig en zestig vormden in de technisch-maatschappelijke dynamiek een bijzondere periode.¹¹⁶ Een reeks van sleuteltechnieken had zijn *momentum* gekregen. Elektriciteit, telefonie, autotechniek, moderne chemie, vliegtuigbouw en andere technieken die uit de tweede industriële revolutie aan het eind van de negentiende en het begin van de twintigste eeuw stamden, kwamen na de Tweede Wereldoorlog tot volledige ontplooiing. Daar was wel een proces van maatschappelijke inbedding aan voorafgegaan. Tussen de twee wereldoorlogen werd volop geëxperimenteerd met het omvangrijke technisch potentieel.

Een middenklasse deed ervaring op met nieuwe diensten (zoals telefonie) en duurzame consumptiegoederen (bijvoorbeeld de wasmachine). Haar dagelijks bestaan

veranderde door nieuwe ideeën over comfort, hygiëne, schoonheid, persoonlijke ontplooiing en de kwaliteit van leven. Zij was een belangrijke wegbereider van de toekomstige consumptiemaatschappij.

Professionals experimenteerden met nieuwe principes van rationaliteit en efficiëntie. Het ging om experimenten met massaproductie en betonbouw in de woningbouw, om reorganisaties en mechanisering van kantoren en fabrieken, om stadsuitbreidingen en om experimenten met nieuwe woningrichtingen. Deze experimenten maakten gebruik van de technische infrastructuren van water, gas, elektriciteit en telefonie. Zij leidden tot de toepassing en diffusie van elektromotoren, de lopende band, beton, elektrische strijkijzers, et cetera.

De basis van de moderne kennisinfrastructuur werd toen gelegd. Er ontstonden nieuwe netwerken tussen overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen. De rol van de overheid veranderde. Staatsinterventie in het economisch leven werd langzaam maar zeker geaccepteerd. Corporatisme werd het ideaal voor de economische ordening van politiek en bestuur. Nederland kreeg zijn kenmerkende duale economische structuur van een klein aantal grote multinationals en een groot aantal veel kleinere bedrijven. Nieuwe technologie ging samen met een nieuwe inrichting van de maatschappij.

Na de Tweede Wereldoorlog zetten vele trends zich door. Het beleid bouwde voort op de eerdere institutionele ontwikkelingen. De richting van de technische ontwikkeling was bepaald. De revolutie in nieuw instrumentarium als de elektronenmicroscopie en de gaschromatograaf zorgde voor extra impulsen. Geheel nieuwe sleuteltechnologieën als de polymeer- en de computertechnologie voegden zich naadloos in de nieuwe dynamiek. De oogst werd nu binnengehaald. Tot ver in de jaren zestig groeide de economie snel en stabiel. Voor sommigen lag de verklaring van het economisch wonder in de gunstige ontwikkeling van de wereldeconomie, de geleide loonpolitiek, het industrialisatiebeleid en dergelijke. Maar over een langere periode bezien, was er eerder sprake van een proces van kristallisatie in een oververzadigde oplossing. De opbouw van de welvaartsstaat was meer dan een halve eeuw voorbereid: technisch, economisch, politiek en cultureel. Nederland moest alleen nog wachten op gunstige economische omstandigheden om het geheel tot volle ontplooiing te laten komen, en dat gebeurde tussen 1950 en 1970.

Ook de ontwikkelingen rond TNO passen in dit beeld. Zo moeizaam als de oprichting van TNO vóór de oorlog was gegaan, zo moeiteloos verliep de uitbouw van de organisatie ná de oorlog. Twee decennia lang maakte de organisatie een ongekennde groei door naar enkele duizenden medewerkers. Het coöperatieve, politieke gedachtegoed vertaalde zich in een collectieve organisatie voor het onderzoek. Samenwerking in het bedrijfsleven onder leiding van de overheid was het uitgangspunt. 'De tijd van het *laissez faire* is voorbij', zo schreef P. Rijkens, voorzitter van de raad van bestuur van het Unilever-concern, in *Nieuw Nederland* in 1944 en hij voegde daaraan toe '... Het is duidelijk dat de moderne maatschappij nòch sociaal, nòch economisch, tot de beste ontplooiing komt zonder leiding van het economisch leven door de overheid. Verschil van opvatting kan slechts bestaan over de vraag, hoe diep die leiding in den dagelijkschen gang van zaken moet ingrijpen, en hoe de samenwerking tusschen overheid en bedrijfsleiding moet worden georganiseerd.'¹¹⁷

TNO werd als een collectieve onderzoeksorganisatie opgezet. Het organisatie-principe was dat van de 'gemengde organisatie'. TNO was één groot samenwerkingsverband tussen TNO'ers, bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen (in het bijzonder de universiteiten). Textielabrikanten, grafische bedrijven, wasserijen, et cetera: ze programmeerden allemaal het onderzoek voor hun sector met elkaar en met de onder-

zoekers van TNO, overheidsfunctionarissen en hoogleraren.

TNO bracht in deze decennia vooral collectieve kennis voort, dat wil zeggen: generieke kennis die voor een sector, een branche, een domein beschikbaar en bruikbaar was. De organisatie richtte zich niet zozeer op de 'koplopers' in technische ontwikkeling, maar meer op de 'toepassers'. TNO ontwikkelde nieuwe kennis, die bedrijven en instellingen bij de verbetering en ontwikkeling van hun productieprocessen en producten konden toepassen. Het was de kerncompetentie van TNO om deze kennis op de verschillende markten toe te snijden en op bedrijven en instellingen over te dragen. De organisatie droeg daardoor bij aan de algehele modernisering van de Nederlandse industrie, het op een hoger peil brengen van de productie en het verbeteren van de kwaliteit van producten. Tevens werkte zij mee aan de maatschappelijke inbedding van nieuwe technologieën, dat wil zeggen het afstemmen van productieprocessen en producten op de maatschappelijke eisen van veiligheid, voedselkwaliteit, kwaliteit van arbeid en dergelijke. Daarvoor diende haar onderzoek naar het testen en keuren. TNO was de belangrijkste organisatie in Nederland voor het ontwikkelen van nieuwe test- en keuringsmethoden.

DE OMSLAG

De cultuuromslag omstreeks 1970 was ronduit verbijsterend.¹¹⁸ De wederopbouw was nauwelijks voltooid en de schaarste was nog maar net opgeheven of de moderne natie stond onder hevige kritiek. Eind jaren zestig heerste er nog een onbegrensd geloof in de vooruitgang. Enkele jaren later lag het imago van de techniek, de ingenieurs en organisaties als de Rijkswaterstaat en Philips aan duigen. Een nieuwe generatie, opgegroeid in een welvaartsstaat met meer vrije tijd en meer ontplooiingsmogelijkheden, ervoer het keurslijf van de bestaande orde. In plaats van dankbaar te zijn voor de geboden kansen, eiste zij meer speelruimte en dwong zij tot een democratisering van de maatschappelijke instituties. Het onbehagen openbaarde zich op alle fronten, in de muziek (popmuziek), op de universiteiten (democratisering), over het internationale gebeuren (Vietnam), in de politiek (D66), over de positie van de vrouw (tweede feministische golf) en in de kerken en de zuilen (ontkerkelijking en secularisatie). Aan een periode van grenzeloos optimisme kwam abrupt een einde: de bewustwording van de eindigheid van de grondstoffen (Rapport van de Club van Rome in 1972), de confrontatie met de eerste energiecrisis (1973), de aantasting van het milieu (Vereniging Milieudefensie 1971) en het verzet tegen het technocratisch denken (bijvoorbeeld de wegenplannen van de Rijkswaterstaat).

Het algehele imago van TNO leed ook onder deze tijdgeest. Op een enkel vlak kwam zij daadwerkelijk in confrontatie met de tegenbeweging. Wij zagen TNO in hoofdstuk 10 worstelen met het protest tegen de drinkwaterfluoridering. De organisatie had 25 jaar aan dit project gewerkt, maar redde het niet in het maatschappelijke debat. De drinkwaterfluoridering kwam in 1976 roemloos aan haar einde.

Het voorbeeld is ook illustratief voor een competentie die TNO *niet* bezit. Nieuwe technologieën brengen altijd discussies met zich mee over voorziene en onvoorziene gevolgen. Welke risico's kunnen er worden verwacht? Welke inbreuk maken zij op het privéleven? Wat is hun invloed op de arbeidsomstandigheden? Et cetera. Na 1970 zijn dergelijke vragen niet langer meer het terrein van de professionals, maar onderdeel van een maatschappelijk debat. Het regisseren van die processen is een kunde op zich, waarmee organisaties als het Rathenau Instituut (opgericht in 1986) zich bezighouden.¹¹⁹ TNO stelt zich meer in de coulissen op en ziet zichzelf graag als een onafhankelijk adviseur. Die positie wordt niet zonder meer door anderen geaccepteerd, met name als TNO in het spanningsveld terecht komt van het bedrijfsleven en de

overheid (haar belangrijkste opdrachtgevers) en maatschappelijke organisaties als milieuverenigingen, consumentenorganisaties en protestgroepen. In sommige gevallen komt TNO in een moeilijk parket terecht, bijvoorbeeld in het debat over dierproeven. De organisatie kent een lange traditie met dierproeven. Daarop is zij enkele malen aangevallen. Haar reactie is dan tweeledig: enerzijds houdt zij zich aan de wettelijke grenzen, anderzijds zoekt zij naar alternatieven voor die proeven. Aan het debat zelf neemt zij zijdelings deel.

Het onderzoeksprogramma van TNO veranderde onder invloed van de nieuwe vraagstukken. Thema's als energie en milieu kwamen pregnant op de agenda. TNO was in de jaren zestig en zeventig nauw betrokken bij onderzoek naar de veiligheidsaspecten van kernenergie en deed medio jaren zeventig studies naar de mogelijkheden van waterstof als energiedrager. Zij onderzocht de problemen rond zware metalen en maakte verspreidingsmodellen van emissies. TNO ontwikkelde nieuw instrumentarium, bracht de problemen in kaart, zocht naar oplossingen en adviseerde over beleid. Typerend is de oprichting van de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie in 1981 en het instituut TNO-STB (Strategie, Technologie en Beleid) in 1996.

STRUCTURELE VERANDERINGEN

De Nederlandse maatschappij zou voor langere tijd in turbulent vaarwater blijven, mede door de veranderingen in de economie. Aan het begin van de jaren zeventig was er een einde aan de jaren van groei gekomen. De economische situatie verslechterde dramatisch na de tweede oliecrisis van 1978. Met name de industrie had hier zwaar onder te lijden: de afzet stagneerde, bedrijfstakken verdwenen en de winsten liepen sterk terug. Ontwikkelingen op de markt waren moeilijker te voorspellen. Ook de consument was in beweging gekomen. De regering trachtte het tij te keren met een keynesiaans stimuleringsbeleid, maar dat betekende uitstel van executie. In de jaren tachtig begon de regering dan ook met een radicaal bezuinigingsprogramma. Verder deed de overheid een stap terug in het economisch leven. Staatsbedrijven als de postbode, de telefonie en de postbank werden geprivatiseerd en overheidsdiensten op afstand gezet. Uiteindelijk zou de economie in de jaren negentig weer aantrekken, mede door een langdurig beleid van loonmatiging.

De veranderingen waren ook structureel van aard.¹²⁰ Het aandeel van de beroepsbevolking in de industrie daalde scherp: van 41% in 1960 en 37% in 1973 naar 25% in 1994. En binnen de industriële sector nam het belang van de zes multinationals af: in 1973 namen zij nog 18% van de industriële werkgelegenheid voor hun rekening, in 1993 nog slechts 13%. Overigens zou de industrie (samen met de landbouw) verreweg het belangrijkste deel van de export en de daarmee samenhangende inkomsten voor haar rekening blijven nemen. Tegelijkertijd ontstond het beeld dat Nederland nauwelijks nog industrie had.

De afgelopen veertig jaar kenmerkten zich ook door een nieuwe technische dynamiek. Er ontstonden nieuwe technologiegebieden als milieutechnologie en duurzame energiebronnen. In bestaande technologiegebieden waren er nieuwe trends te zien, zoals in de medische technologie en de transporttechnologie. De technische dynamiek had ook te maken met een ander fenomeen, namelijk de opkomst van drie nieuwe sleuteltechnologieën: de materialentechnologie, de biotechnologie en de informatie- en communicatietechnologie (ict).¹²¹ Sleuteltechnologieën ofwel 'voorwaardenscheppende' technologieën (*enabling technologies*) gaven tal van nieuwe onderzoeksimpulsen aan uiteenlopende wetenschappelijke disciplines als katalyse,

thermodynamica en aardwetenschappen en aan technologiegebieden als de proces- en productietechnologie.¹²²

Een belangrijke structurele verandering in de kennisinfrastructuur was de omvang van de financiële middelen voor onderzoek. Nederland besteedde rond 1970 circa 2% van zijn bruto nationaal product (bnp) aan onderzoek, in 2006 was dat nog 1,6%.¹²³ De overheid ging onder andere in de tweede helft van de jaren negentig relatief minder investeren en investeert nu nog circa 0,6% van het bnp. De investeringen van het bedrijfsleven schommelden rond de 1% van het bnp. Een belangrijke nieuwe financieringsbron werd de Europese Unie. Opdrachten kwamen in toenemende mate ook uit het buitenland. Het zwaartepunt van het industriële onderzoek verschoof: de grote zes investeerden aanzienlijk minder in Nederland. Typerend is dat het bedrijf ASML - niet tot die zes behorend - op de tweede plaats staat, na Philips en vóór Shell, in de toptien van bedrijven die in onderzoek investeren. Daarnaast besteedden bedrijven als Philips, DSM en andere grote bedrijven in toenemende mate hun onderzoek uit en proclameerden zij samen met anderen het zogenaamde openinnovatiemodel.

Structureel was ook de nieuwe rol voor de universiteit in de kennisinfrastructuur, namelijk als onderzoeksuniversiteit. Universiteiten gingen op zoek naar nieuwe financieringsbronnen en begonnen zich op de onderzoeksmarkt te roeren.¹²⁴ Dat werd ook door het ministerie van Economische Zaken gestimuleerd. Diverse innovatieprogramma's hadden de vorming van netwerken tussen universiteiten en bedrijfsleven tot doel. De verhouding tussen de kennisinstellingen zou daarmee opnieuw gedefinieerd worden.

TNO onderging in deze periode een grondige gedaantewisseling. Het zoeken naar een nieuwe missie was een ingewikkelde weg. Nederland was niet langer een industrienatie. Daaraan had TNO haar legitimiteit ontleend. Wat moest nu de legitimeringsbron worden? Nieuwe maatschappelijke problemen werden zichtbaar. Op welke wijze moest TNO daarop anticiperen? Een nieuwe technische golf diende zich aan. Welke nieuwe expertises moest TNO opbouwen? De kennisinfrastructuur was complexer geworden. Welke positie diende TNO daarin in te nemen? De overheid ontwikkelde een wisselvallig technologiebeleid. Hoe moest TNO daarmee omgaan?

TNO veranderde fundamenteel in tweeërlei opzicht. Ze veranderde van een collectieve onderzoeksorganisatie in een organisatie voor contractonderzoek. En ze verloor haar centrale, coördinerende rol in het Nederlandse onderzoeksveld.

De organisatie moest onafhankelijk van de overheid worden; de markt kon dan haar werking doen. Contractonderzoek zou voor een optimale klantgerichtheid zorgen. TNO zou er slagvaardiger, flexibeler en effectiever door worden. Een cultuuromslag was vereist. Voor een organisatie die een lange periode van royale overheidsfinanciering en snelle groei achter de rug had, was dat natuurlijk een moeizaam proces.

TNO heeft het pad naar een organisatie voor contractonderzoek vanaf 1980 ingezet. Contractonderzoek zorgt momenteel voor het grootste deel van de inkomsten. Klanten bepalen voor een belangrijk deel het onderzoek van TNO. Accountmanagers worden ingezet bij het werven van opdrachten. De kwaliteit van het onderzoek wordt herhaaldelijk geëvalueerd en de klanttevredenheid regelmatig onderzocht. Een bedrijfscultuur voert de boventoon. Het organisatie-model is het concernmodel. Illustratief is de achtergrond van de laatste vier algemene voorzitters van TNO: zij komen allen uit het bedrijfsleven. Daarvoor hadden voorzitters vooral een bestuurlijke carrière op universiteiten en bij de overheid (zie tabel 5.1).

Fundamenteel voor TNO was ook het verlies van haar centrale, coördinerende functie. Het ministerie van Economische Zaken trok die functie naar zich toe en ging een

technologiebeleid voeren. De 'gemengde organisatie' werd bij TNO als organisatieprincipe verlaten en daarmee verloor TNO het karakter van een collectieve onderzoeksorganisatie.

Weliswaar is TNO dus geen collectieve onderzoeksorganisatie meer, ze blijft wel collectief onderzoek verrichten. Ze wordt daarbij in belangrijke mate door het ministerie van Economische Zaken gestuurd, en recentelijk tevens door de Europese Commissie. De programma's richten zich vooral op de 'koplopers', dat wil zeggen: op het deel van het bedrijfsleven en de overheid dat inzet op innovaties. Dat blijken vooral grote en een select deel van de middelgrote bedrijven te zijn, en verder diverse ministeries en overheidsinstellingen. 'Koploperschap' is ook het beeld waarmee TNO zich graag profileert: actief zijn aan het front van de technologie voor *hightech* producten en diensten, en voor complexe maatschappelijke vraagstukken.

TNO is echter veel meer dan dat. De focus op de 'toepassers' is weliswaar minder geworden, maar TNO blijft voor lagere overheden en het midden- en kleinbedrijf een belangrijke adviseur, een test- en keuringsorganisatie en een onderzoeksinstituut dat beschikbare kennis mobiliseert voor de oplossing van hun problemen. TNO is ook nog steeds het belangrijkste laboratorium voor de krijgsmacht. De organisatie is eveneens de schepper van nieuwe bedrijvigheid in de vorm van eigen bedrijfjes op basis van haar onderzoeksresultaten. En ten slotte: ze ontwikkelt nog steeds test- en keuringsprotocollen voor uiteenlopende sectoren.

EEEN NIEUW TNO?

'Een constante bij TNO zijn de voortdurende reorganisaties', zo merkte een TNO'er op. Dat beeld is correct voor de periode na 1970, toen TNO op zoek moest naar een nieuwe identiteit. De meest recente reorganisatie is die van 2011, waarbij TNO het principe van de themagerichte en projectgestuurde organisatie heeft geïntroduceerd. Zij heeft de vijf kerngebieden opgeheven en zeven hoofdthema's geformuleerd. Daar zal het niet bij blijven. De onheilstijdingen over de economie houden al enkele jaren aan. De overheid gaat ingrijpend bezuinigen. Dat merkt TNO direct. De organisatie wordt al lang niet meer uitbundig gefinancierd door de overheid, maar de resterende overheidsfinanciering staat voortdurend onder druk. Als commerciële onderzoeksorganisatie zal zij nog scherper de concurrentie van andere kennisinstellingen voelen. Verder is TNO verhuisd: van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap naar dat van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Dit ministerie heeft een nieuw technologiebeleid afgekondigd: het topsectorenbeleid. De bedoeling van de laatste reorganisatie bij TNO is om op dit soort ontwikkelingen te kunnen anticiperen. Lukt dat ook? Zal de toekomst van TNO door continuïteit of discontinuïteit worden gekenmerkt? Twee thema's zijn in dit verband van belang: het technologiebeleid in de komende periode en de fase waarin de technisch-maatschappelijke dynamiek zich nu bevindt.

Laten we met het technologiebeleid beginnen. Het technologiebeleid van het voormalige ministerie van Economische Zaken kwam in de plaats van het industrialisatiebeleid, dat tot in de jaren tachtig gevoerd werd. Die overgang liep op een lange zoektocht uit. Hoe moest zo'n beleid vorm worden gegeven? Moest er op generieke of specifieke maatregelen worden ingezet?¹²⁵ Moest het beleid zich op technologieën of op bedrijven en industriële sectoren richten? En moest het zich richten op de onderzoeksrisico's, de vorming van netwerken, de marktintroductie van nieuwe technologieën of op de kennisoverdracht.¹²⁶ Er bestonden tientallen regelingen en programma's. Op zich is dat niet zo verwonderlijk, gezien de grote verschillen in dynamiek in de afgelopen decennia

tussen sleuteltechnologieën, toepassingsgebieden, industriële sectoren en maatschappelijke thema's. Het beleid kreeg daar maar moeizaam greep op.

Het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie heeft in 2011 met die situatie gebroken en het zogenaamde topsectorenbeleid geïntroduceerd.¹²⁷ Het ministerie wil de 'gouden driehoek', dat wil zeggen het bedrijfsleven, de overheid en de kennisinstellingen, stimuleren om zich rond een tiental 'topsectoren' te organiseren, onder leiding van het bedrijfsleven. Het gaat met name om sectoren waaruit Nederland zijn internationale concurrentiekracht moet putten, zoals de sector chemie en de sector hightech systemen en materialen. Extra middelen van de overheid komen niet ter beschikking. De extra middelen moeten hoofdzakelijk van het bedrijfsleven komen. Vele subsidies zijn afgeschaft. Wat overblijft, is een fiscaal pakket aan maatregelen (WBSO, Research and Development-aftrek, innovatiebox). Bedrijven die in onderzoek en innovatie investeren, genieten daarmee fiscale voordelen. Tegenover de investeringen van het bedrijfsleven staan die van de overheid, maar deze moeten uit de bestaande begrotingen van NWO, TNO en de Grote Technologische Instituten (GTI's) komen. De programma's, geformuleerd door 'topteams' onder leiding van een 'boegbeeld' uit het bedrijfsleven, worden in een groot aantal Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) ondergebracht, bijvoorbeeld voor *biobased economy*, nieuwe materialen en thuiszorg & zelfmanagement.

Wat kunnen deze ontwikkelingen voor TNO betekenen? Het eerste dat opvalt, is dat het technologiebeleid nog steeds niet is uitgekristalliseerd. De overheid is wéér begonnen met nieuw beleid. Het enthousiasme in de 'topteams' is groot, maar dat is nog geen garantie voor succes. Het *top-down*-beleid in coördinatie en sturing kan alleen succes hebben als er sprake is van een zekere continuïteit. Ook moeten de netwerken van de beleidsmakers (de 'topteams') verweven raken met die van de financiers, de klanten en de onderzoekers op de instituten en in de laboratoria. De 'gouden driehoek' functioneert slechts dan als er op alle niveaus stabiele relaties tussen bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen worden gelegd. En daaraan heeft het in de afgelopen decennia ontbroken.

Van TNO, NWO en de Grote Technische Instituten wordt nu verwacht dat zij dergelijke relaties opbouwen. Het was een oude kerncompetentie van TNO om coördinatie en sturing op alle niveaus voor een lange periode tot stand te brengen. In de huidige situatie zal TNO daarvoor nieuwe, eigentijdse vormen moeten vinden. Indien zij daarin slaagt, is er sprake van een doorbraak en is de basis gelegd voor meer stabiele verhoudingen in de Nederlandse kennisinfrastructuur. De onderzoeksweld wacht al lange tijd op een fase met meer stabiliteit.¹²⁸

Over de technisch-maatschappelijke dynamiek kan worden opgemerkt dat een nieuwe fase zich aftekent. De afgelopen veertig jaar laten zich karakteriseren door afbraak en opbouw. Er is volop gediscussieerd over nieuwe maatschappelijke thema's, gezocht naar nieuwe politieke en economische verhoudingen, geëxperimenteerd met nieuwe technologieën en gewerkt met nieuwe praktijken. De thema's van de nieuwe maatschappelijke orde zijn inmiddels bekend en op allerlei wijze doordacht. De problematiek van de schaarste (ofwel het realiseren van de volkswelvaart) is vervangen door de problematiek van de duurzaamheid (ofwel het vasthouden van de volkswelvaart voor toekomstige generaties). De problematiek van de kwantiteit van leven (gericht op een hogere levensverwachting) is verschoven naar de kwaliteit van leven (onder andere gericht op vergrijzing). De problematiek van de Koude Oorlog is nu die van de integrale veiligheid. De problematiek van een arbeidsintensieve economie heeft plaatsgemaakt

voor die van een kennisintensieve economie, die zich staande weet te houden in de nieuwe wereldorde.

De kaders voor onderzoek en innovatie zijn stabiel geworden. Duurzaamheid, gezondheid en kenniseconomie zijn richtinggevende begrippen om missies en doelstellingen te formuleren. Richtinggevend zijn eveneens de sleuteltechnologieën en de nieuwe technologiegebieden. Nieuwe materialen, nieuwe energiebronnen, hightech systemen, zorgsystemen, et cetera worden moeiteloos in programma's omgezet. De toepassingsrichtingen zijn inmiddels aanzienlijk duidelijker geworden. Er zijn talrijke perspectieven op innovaties. De nieuwe strategie van TNO somt deze moeiteloos op. Opmerkelijk is ook dat de innovatieprogramma's (ofwel de *roadmaps*) van de 'topsectoren' zich van identieke visies op wetenschap, technologie en maatschappij bedienen.¹²⁹

Wat zich eveneens probleemloos in de verhalen laat opnemen, zijn de begrippen die met een interdisciplinaire aanpak samenhangen. Technische innovaties worden al lang niet meer als een technische zaak gezien. Zij bevatten bèta- en gammacomponenten, die in het onderzoek moeten worden meegenomen. Ook de meest recente, opkomende sleutelgebieden als de nanotechnologie laten zich moeiteloos in de geformuleerde kaders passen. Dit alles is typerend voor een fase waarin niet het experimenteren, de onzekerheid, het zoeken en het legitimeren centraal staan, maar het werken aan erkende problemen en het oplossen binnen gevestigde onderzoeks- en innovatiestrategieën. Dat kan het begin zijn van een fase van versnelling en verspreiding in de maatschappij.

TNO beschikt over de competenties voor een dergelijke fase. De organisatie beheerst het 'vak' van kennisontwikkeling, kennisoverdracht en kennisbenutting. Ze is uitstekend in staat mee te doen aan het front van de techniek en heeft zich daarop in de afgelopen periode ook geprofileerd. Naast de 'koplopers' weet ze ook de 'toepassers' en de 'volgers' te bedienen, hoewel dat niet tot uitdrukking komt in de beeldvorming rond TNO; deze laatste groepen zullen echter aanzienlijk belangrijker worden. Ook zal haar inzet gevraagd worden bij het aanpassen van nieuwe technologieën aan de eisen van veiligheid en risico's. TNO is bij uitstek de organisatie om nieuwe test- en keuringsprotocollen te ontwikkelen.

Zijn er tekenen voor versnelling en verspreiding in de technisch-maatschappelijke ontwikkeling, zoals in de jaren vijftig en zestig? Gezien de huidige crisissituatie op korte termijn zeker niet. Op langere termijn zijn de ingrediënten op de technologische domeinen voor een nieuw *momentum* zeker aanwezig, maar tal van andere factoren spelen een rol. Indien het *momentum* zich echter aandient, zal de veelzijdigheid van TNO volledig tot haar recht kunnen komen.

Harry Lintsen

REFERENTIES

NAWERK

NOTEN BIJ DE PROLOOG

- 1 TNO Strategisch Plan 2011-2014. *Innoveren met impact* (z.pl. 2010), 75.
- 2 TNO Strategisch Plan 2011-2014, 46.
- 3 TNO Strategisch Plan 2011-2014, 21.
- 4 TNO heeft in deze bedrijven een belang van meer dan 50%. Deze zijn in TNO Bedrijven B.V. ondergebracht.
- 5 Vanaf 1 januari 2008 bundelden WL | Delft Hydraulics (het voormalige Waterloopkundig Laboratorium), GeoDelft (een Groot Technologisch Instituut op het gebied van geo-engineering en geo-ecologie) en delen van Rijkswaterstaat en van TNO Bouw en Ondergrond hun krachten in een nieuw instituut: Deltares.
- 6 Voorheen 'botsveiligheid', tegenwoordig 'integral safety'.
- 7 Geciteerd in T.J. van Kasteel, 'Ontstaan en groei van TNO', in: *Een kwart eeuw TNO, 1932-1957* (Den Haag 1957), 9.
- 8 De omrekeningsfactor is 6,17 van guldens voor het jaar 1918 naar euro's in 2010 (voor inflatie gecorrigeerd). Bron: CBS.
- 9 H. Lintsen, *Op zoek naar de oorsprong van de Nederlandse kenniseconomie. Een essay geschreven in opdracht van TNO* (Eindhoven 2011).
- 10 A. Heerding, *Geschiedenis van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken*, Deel II (1891-1922): Een onderneming van vele markten thuis (Leiden 1986), 389-391. Overigens deed het Natuurkundig Laboratorium van het begin af aan ook het gebruikelijke laboratoriumwerk: testen, ijken, controleren en advieswerk bij de fabricage.
- 11 *Rapport der commissie, ingesteld bij beschikking van zijne excellentie, den minister van onderwijs, kunsten en wetenschappen en zijne excellentie, den minister van binnenlandsche zaken en landbouw, dd. 30 juni 1923* [hierna *Rapport commissie-Went*], 38 en 45.
- 12 I.P. de Vooijs, *Nota over de nationale Organisatie van Wetenschappelijk Technisch Werk* (1 december 1920). Beschikbaar bij de bibliotheek van de Technische Universiteit Delft onder de titel: *Rapport over het toeg. natuurw. ond. in Nederland*.
- 13 Zie J.J. Hutter, 'Nederlandse laboratoria 1860-1940, een kwantitatief overzicht', in: *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 9 (1986) nr. 4, 150-174. De tabel is samengesteld uit de tabellen 1 en 3 uit het artikel. Het aantal laboratoria in de chemische en elektrotechnische industrie geeft de situatie weer van rond 1940. Het aantal laboratoria in de overige categorieën is de optelsom van alle laboratoria die voor 1940 zijn opgericht. Dat betekent dat zij in 1940 niet meer hoeven te bestaan. Het overzicht is niet volledig. De laboratoria in andere industriële sectoren zijn niet meegeteld, evenals de apothekerslaboratoria. De laboratoria in het middelbaar en hoger beroeps onderwijs zijn ook niet meegenomen. Als definitie van laboratorium worden in het artikel minstens vier criteria gehanteerd: (1) aparte ruimte; (2) aanwezigheid van instrumentarium; (3) aanwezigheid van natuurwetenschappelijk, technisch-wetenschappelijk of medisch geschoold personeel; (4) het verrichten van testen, ontwikkeling en onderzoek of het prepareren van chemische of farmaceutische stoffen. Het probleem bij het onderzoek was het vaststellen of de ruimten die als laboratorium werden aangeduid, aan de criteria voldeden. Bovendien konden niet alle ruimten opgespoord worden die toch aan die criteria voldeden. De tabel is met andere woorden onvolledig, kent diverse onzekerheden en geeft daarom slechts een impressie. Zo lijkt het aantal overheidslaboratoria aan de geringe kant gezien het groot aantal landbouwproefstations en keuringsdiensten van waren.
- 14 Zie voor het navolgende:
 - Jan Luiten van Zanden, *The long road to the industrial revolution. Institutions and human capital formation in Europe in a global perspective, 1000-1800* (Leiden 2009). Een prachtige studie over langetermijnontwikkelingen in kennis en economie.
 - Karel Davids, *The rise and decline of Dutch technological leadership. Technology, economy and culture in the Netherlands, 1350-1800* (Leiden 2008), Volume 1 and 2. Een fraaie studie over technische creativiteit in en kennistransfer van en naar de Noordelijke Nederlanden.
 - Joel Mokyr, *The lever of riches. Technological creativity and economic progress* (Oxford 1990).
 - Joel Mokyr, *The enlightened economy. An economic history of Britain 1700-1850* (London 2009).
- 15 Over de oprichting van TNO bestaat onder andere de volgende literatuur:
 - J. Al, *Research als overheidstaak* (Proefschrift TU Delft 1952) en Van Kasteel. 'Ontstaan en groei van TNO', 1-39. Een fraaie bronnenstudie van de discussies over TNO in de jaren dertig is die van T. Gielen, *De voor- en begingehiedenis van T.N.O.: De trage bouw aan de fundamenten* (Scriptie TU Eindhoven 1987). Tot nu toe is TNO vaak geanalyseerd vanuit het perspectief van de organisatie zelf. In zekere zin ligt dat ook wel voor de hand, maar het heeft geleid tot een beperkt inzicht in het conflict met Economische Zaken en daarmee in de cruciale opbouwjaren. Het proefschrift van TNO'er Jan Al uit 1952 en het officiële gedenkboek uit 1957, waarin TNO's pr-man T.J. van Kasteel een hoofdstuk over de geschiedenis van TNO schreef, hebben het denken over TNO sterk beïnvloed. Jan Al geeft een beter uitgebalanceerd kijk dan Van Kasteel, maar blijft ook binnen het denkkader van het bestuur van TNO in de jaren dertig. In dat denkkader was weinig begrip voor afwijkende standpunten. Via Van Kasteel en Al blijft het denkkader van TNO resoneren in recente studies. Deze studies bekijken TNO meestal vanuit het perspectief van de wetenschap, zij het wetenschapsbeleid, onderwijsbeleid of het idee dat wetenschap in de twintigste eeuw (steeds meer) een basis is gaan vormen voor techniek. Slechts een vergeten scriptie van Ton Gielen uit 1987 doet moeite om het standpunt van Economische Zaken te onderzoeken. Hoewel ook hij vast blijft steken in het perspectief van TNO, biedt zijn werk aanknopingspunten voor een herziening van het beeld van TNO. Uit het werk van Geert Somsen naar de Utrechtse hoogleraar Hugo Kruyt, die nauw bij de oprichting van TNO betrokken was, komen ook een aantal interessante aanknopingspunten naar voren. G. Somsen, 'Hoge school en maatschappij. H. R. Kruyt en het ideaal van wetenschap voor de samenleving', in: *Gewina* 17 (1994) nr. 3, 162-176. G.J. Somsen, "'Wetenschappelijk onderzoek en algemeen belang': de chemie van H.R. Kruyt (1882-1959)" (Delft 1998). G.J. Somsen, 'Selling science: Dutch debates on the industrial significance of university chemistry', in: A.S. Travis, H.G. Schröter & E. Homburg, (red.),

- Determinants in the evolution of the European chemical industry, 1900-1939: New technologies, political frameworks, markets and companies* (Dordrecht 1998), 123-168.
- 16 De omrekeningsfactor is 9,00 van gulden voor het jaar 1937 naar euro's in 2010 (voor inflatie gecorrigeerd). Bron: CBS.
- 17 *Verslag van de Nederlandsche Centrale Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek en van de Nederlandsche Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijke Onderzoek ten behoeve van nijverheid, handel en verkeer* [hierna kortweg: *Jaarverslag TNO*] over het jaar 1936, 31.
- 18 *Jaarverslag TNO over het jaar 1937*, 7.
- 19 *Jaarverslag TNO over het jaar 1937*, 11-16.
- 20 Zie *Jaarverslagen TNO over de jaren 1932/1940*. Ook ging TNO het secretariaat voeren van enkele onderzoeksinstituten die de rechtsvorm van een stichting hadden, bijvoorbeeld van de stichting Nationaal Luchtvaartlaboratorium. Nationaal Archief, Centrale Organisatie TNO 2.14.36.01 (hierna CO-TNO), inv. no. 132: Uitgewerkte agenda bestuursvergadering 27 december 1935, idem 23 april 1937. 'Het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium: Vijftig jaar luchtvaartonderzoek in Nederland', in: *De Ingenieur* (1969), 81 (14), L1-L11.
- 21 De omrekeningsfactor is 8.80 van gulden voor het jaar 1938 naar euro's in 2010 (voor inflatie gecorrigeerd). Bron: CBS.
- 22 *Jaarverslag TNO over het jaar 1937*, 26-30. De opsomming is volgens TNO niet volledig omdat enkele onderzoeken, bijvoorbeeld voor defensie, drinkwatervoorziening, etc., niet afzonderlijk in de begroting zijn vermeld en andere posten onvoldoende zijn gespecificeerd. Laboratoria van universiteiten en andere onderwijsinstellingen zijn niet in de tabel opgenomen. TNO gaf expliciet aan welke organisaties volgens haar onder de Nijverheidsorganisatie TNO zouden moeten vallen. Dat waren de organisaties die genoemd zijn onder de nummers 1 t/m 11 en nr. 31. Over de andere organisaties deed zij dat niet zo uitgesproken, maar wekten de opeenvolgende jaarverslagen wel de suggestie dat het merendeel onder het beheer van TNO moest komen. De Landbouwproefstations (nr.14) en de Keuringsdiensten van Waren (nr. 27) behoorden daar niet toe.
- 23 Betoog van Van Voorst tot Voorst, *Handelingen Tweede Kamer*, 1929-1930, 2270, 25 juni 1930, 1^e ref.
- 24 CO-TNO, inv. no. 262: Notulen Dagelijks Bestuur 27 september 1937.
- 25 CO-TNO, inv. no. 262: Notulen Dagelijks Bestuur 6 december 1937. Rapportage van de bestuurscommissie C.J.P. Zaalberg (voorzitter van de Nijverheidsorganisatie TNO), H.R. Kruyt en I.P. de Vooy op 6 december 1937 aan het dagelijks bestuur dat de Rijksvezeldienst, de Rijksrubberdienst, het Klei- en aardewerkproefstation, en het Lederproefstation door Economische Zaken overdragen zouden moeten worden. De notulen vermelden geen argumenten voor de overdracht überhaupt, noch voor de overdracht van juist deze vier onderzoeksdiensten. Deze vier diensten behoorden echter wel tot de belangrijkste op het gebied van de industrie. Het dagelijks bestuur zette door en verzocht op 23 maart 1938 formeel om de vier door Zaalberg geselecteerde onderzoeksdiensten over te dragen. Dit verzoek werd onderbouwd met een simpel beroep op de wet. Nationaal Archief, Ministerie van Economische Zaken, Directie van Handel en Nijverheid 2.06.001 (hierna EZ), inv. no. 5457: Centrale Organisatie TNO (Van Iterson, De Mooy) aan de Minister van Economische Zaken, 23 maart 1938. Chronologisch overzicht van de gang van zaken met betrekking tot de overdracht van het beheer over de rijksproefstations.
- 26 CO-TNO, inv. no. 262: Notulen Dagelijks Bestuur 20 januari 1938. G.J. Teppema was sinds 1936 de gedelegeerde van de minister van Economische Zaken bij zowel de Centrale Organisatie als de Nijverheidsorganisatie. Teppema was een hoge ambtenaar op het departement en leidde sinds 1932 het Bureau Nijverheid. Hij liet zich zelden zien op een bestuursvergadering van de Centrale Organisatie, maar was aanwezig toen het plan-Zaalberg werd besproken in de boezem van de Nijverheidsorganisatie. De bom barstte. Teppema werd volledig verrast door de voorstellen van Zaalberg en liet zijn irritatie over de gang van zaken duidelijk blijken. Hij verwachtte dat over een dergelijk plan van tevoren met hem zou zijn overlegd. Zaalberg had dat bewust niet gedaan omdat hij meende dat dit weinig zou hebben opgeleverd. Hij zal wel hebben vermoed hoe het plan zou vallen op Economische Zaken. Van Iterson toonde zich echter verbaasd over de reactie van Teppema. Hij meende dat het standpunt van de gedelegeerde niet bekend was. Teppema schreef vervolgens een nota met zijn bezwaren en zond die naar de minister van Economische Zaken, M. Steenberghe. Zie over Teppema: P.E. de Hen, *Actieve en re-actieve industriepolitiek in Nederland: De overheid en de ontwikkeling van de Nederlandse industrie in de jaren dertig en tussen 1945 en 1950* (Amsterdam 1980), 92. Zie voor de verdere gang van zaken onder andere: EZ, inv. no. 5457: Nota van den gedelegeerden van den Minister van Economische Zaken bij de Organisatie TNO, betreffende het voorstel inzake overdracht van beheer over enkele Rijksinstellingen aan de Nijverheidsorganisatie T.N.O., 28 januari 1938. Teppema aan de Minister, 4 februari 1938. EZ, inv. no. 7404: Bestuur Nijverheidsorganisatie (Van Iterson, De Mooy) aan de leden van het bestuur, 5 februari 1938. CO-TNO, inv. no. 262: Notulen Dagelijks Bestuur 15 februari 1938. CO-TNO, inv. no. 262: Notulen Dagelijks Bestuur 15 februari 1938.
- 27 EZ, inv. no. 5457: Nota inzake Organisatie van het Toegepast Natuurwetenschappelijk onderzoek. Afdeling Nijverheid, 6 december 1937.
- 28 De briefwisseling tussen de Centrale Organisatie TNO en de regering leverde in de eerste maanden van 1939 niets op, behalve een dreiging van een wetswijziging. Bij het bestuur sloeg die in als een bom. De Vooy trok de volgende conclusie: 'Men zou òf kunnen beslissen, dat de zaak mislukt is en dat de organisatie van het toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek verder aan de Regeering overgelaten moet worden, òf de Regeering moet zich duidelijk uitspreken.' Het bestuur vergaderde zonder Teppema, maar de andere gedelegeerden probeerden de zaak te sussen. De wens van Economische Zaken om ook iets te zeggen te krijgen over de aansturing van het onderzoek viel echter slecht. Kruyt verwoordde het als volgt: 'Het essentiële van de wet is ... dat de deskundigen de leiding zullen hebben en niet de departementen.' Economische Zaken moest zijn onderzoeksdiensten dus simpelweg overdragen. CO-TNO, inv. no. 132: Notulen Bestuur 8 juli 1938. In juli 1938 sprak Van Iterson met Colijn en Steenberghe. Colijn hield zich op de vlakte. CO-TNO, inv. no. 262: Notulen Dagelijks Bestuur op 21 september 1938; inv. no. 132: Notulen Bestuur 14 januari 1939.

- 30 Opmerkelijk is ook dat Economische Zaken bezig was met het opzetten van een eigen traject, dat in zekere zin concurreerde met TNO: de Economisch-Technologische Instituten, die onder andere technische voorlichting gaven en industrialisatieplannen ontwikkelden. P. Baggen, J. Faber en E. Homburg, 'Opkomst van een kennismaatschappij', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2003), Deel VII, 167-168.
- 31 H.R. Kruyt, (1939). *Zuivere wetenschap, toegepaste wetenschap en wetenschapstoepassing* (Utrecht 1939), 23-25, citaat: 24. Over Kruyt zie ook de publicaties van Somsen in noot 15.
- 32 'T.N.O.-Centrale Organisatie. Het "j'accuse" van de scheidende Voorzitter', in: *De Ingenieur* 54 (1939), nr. 20, A191-A192: A192.
- 33 Zie onder andere: 'T.N.O.', in: *De Nederlandse Werkgever*, 5 (2 februari 1939); 'Terug naar de Gilden', in: *De Nieuwe Rotterdamse Courant* (datum onbekend); *Het Algemeen Dagblad* (15 oktober 1938); 'Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek', in: *Het Vaderland, Avondblad A en Avondblad D* (9 mei 1939); 'Wetenschap en Maatschappij', in: *De Groene Amsterdammer* (11 november 1939). Er verscheen echter ook een artikel in *De Nederlander*, getiteld 'Het gevaar van overorganisatie', waarin de houding van de overheid inzake TNO verdedigd werd. Het etiket 'overorganisatie' werd overigens volgens ambtenaar G.J. Teppema ook door minister-president H. Colijn op de TNO-wet 1930 geplakt. EZ, inv. no. 5457, G.J. Teppema aan de minister van Economische Zaken, M.P.L. Steenberghe, 9 mei 1939. Zie Gielen, *De voor- en begingeshiedenis van T.N.O.*, 29 e.v..
- 34 'Wetenschap en Maatschappij'.
- 35 EZ, inv. no. 5457, Chef van de Afdeling Nijverheid aan de heer Secretaris-Generaal, 15 november 1939. Zie Gielen, *De voor- en begingeshiedenis van T.N.O.*, 29 Ook de verhouding tussen het ministerie en andere TNO-bestuursleden zoals C.J.P. Zaalberg en A. de Mooij A.Czn (secretaris) was gebrouilleerd.
- 36 CO-TNO, inv. no. 132: Uitgewerkte agenda bestuursvergadering 27 december 1935.
- 37 CO-TNO, inv. no. 262: Notulen Dagelijks Bestuur 12 oktober 1938.
- 38 CO-TNO, inv. no. 262: Notulen Dagelijks Bestuur, gehouden op 23 december 1938. Voor Alingh Prins zie: *Persoonlijkheden in het koninkrijk der Nederlanden* (Amsterdam, 1938), 1179-1180.
- 39 *Het Vaderland* 11 mei 1939.
- 40 EZ, inv. no. 5457: Colijn aan de Minister van Economische Zaken, 5 mei 1939.
- 41 EZ, inv. no. 5457: Steenberghe aan Teppema, 11 mei 1939.
- 42 EZ, inv. no. 5457: Brief Minister-President, juni 1939.
- 43 CO-TNO, inv. no. 132: Notulen Bestuur 18 april 1940. Zie ook: CO-TNO, inv. no. 262: Notulen Dagelijks Bestuur 29 juni 1939; CO-TNO, inv. no. 263: Notulen Dagelijks Bestuur 13 Februari 1940; CO-TNO, inv. no. 132: Uitgewerkte agenda bestuursvergadering 18 april 1940.
- 44 Zie voor het navolgende:
Wet van den 30sten October 1930, tot regeling van het toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (S. 416), hierna *TNO-wet 1930*.
- 45 Bovendien is in artikel 2.2 sprake van het geven van voorlichting over de onderzoeksresultaten en het bevorderen van de toepassingen van de onderzoeksresultaten.
- 46 *TNO-wet 1930*, artikel 2, sub 1. Onder andere in: *Jaarverslag TNO over het jaar 1936*, 6-14. Tekst staat ook in: A. de Mooij, 'De organisatie van het toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek', in: *De Ingenieur* 52 (1937), nr. 9, T1-T9: T6. De Mooij was ontwerper van de TNO-wet 1930, secretaris van TNO en ontwerper van de organisatie van TNO; hij deed dit op basis van het rapport van de commissie-Went en de TNO-wet 1930. De Centrale Organisatie kon verder ook gevraagd of ongevraagd advies aan de ministers verstrekken, onderzoek (laten) verrichten en andere activiteiten ontplooiën ter bevordering van het toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek en de toepassing van de resultaten.
- 47 *Rapport commissie-Went*, 49.
- 48 Verder kende de TNO-wet 1930 tijdelijke leden in het bestuur van zowel de Centrale Organisatie TNO als de Bijzondere Organisaties TNO in verband met 'bijzondere omstandigheden' en benoemd door de minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen. Zij draaiden in het bestuur als volledig lid mee.
- 49 Het eerste bestuur telde vijf leden.
- 50 EZ, inv. no. 5457: Nota inzake overdracht van onder het Ministerie van Economische Zaken ressorterende proefstations. De Minister van Economische Zaken (onleesbaar), 12 juli 1938. Minister van Economische Zaken aan Minister-President, 16 mei 1939. De bedoeling van de gemengde stichting was verder dat overheid en bedrijfsleven samen de financiering voor hun rekening zouden nemen.
- 51 Alingh Prins schreef aan de minister van Economische Zaken, M. Steenberghe, dat hij, als het dan echt niet anders kon, zich wilde inzetten voor de oprichting van stichtingen. EZ, inv. no. 5457, J. Alingh Prins aan de Minister van Economische Zaken, 24 april 1939.
- 52 F.J. Dijksterhuis en B. van der Meulen, *Tussen coördineren en innoveren. De Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek, 1957-2000* (Groningen/Wageningen 2007).
- 53 De Centrale Organisatie en de Bijzondere Organisaties waren rechtspersonen. TNO was indertijd een *fremdkörper*. Tegenwoordig wordt TNO onder een Rechtspersoon met een Wettelijke Taak gerangschikt. Juristen hadden en hebben het nog steeds over TNO als een *Suis Generis* (dat wil zeggen: 'een geheel eigen karakter hebbende'). De Bijzondere Organisaties konden juridisch handelen buiten de Centrale Organisatie om. Dat gold niet voor de TNO-instituten. De meeste TNO-instituten hadden geen rechtspersoonlijkheid. Sommige TNO-instituten waren wel stichtingen en mochten de naam TNO dragen, zoals de Stichting Wasserij Instituut TNO en de Stichting Instituut voor Grafische Techniek TNO. Met dank aan R. Arlman, voormalig medewerker TNO (email 9 januari 2012)
- 54 R. Oldenziel en M. Veenis, 'De oorlogseconomie: zuinigheid en noodgedwongen vindingrijkheid, 1940-1945', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2001), Deel IV, 98-101.

NOTEN BIJ DEEL I

- 1 Een kwart eeuw TNO 1932-1957. *Gedenkboek bij de voltooiing van de eerste 25 jaar werkzaamheid van de organisatie TNO op 1 mei 1957* (Den Haag 1957), 60.
- 2 Een kwart eeuw TNO, vii.
- 3 'Advies inzake innovatie, in het bijzonder industriële innovatie', in: *Maatschappijbelangen* (1973), 137 (7), 300-305, 344-349, 348-349.
- 4 H. Lintsen en anderen, *Made in Holland. Een techniekgeschiedenis van Nederland [1800-2000]* (Zutphen 2005), 307.
- 5 De wijze van overheidsfinanciering zat complex in elkaar. Het navolgende is uit een e-mail van R. Arlman, voormalig medewerker van TNO, met commentaar van G. Schootbrugge (13 januari 2012). Het ministerie van Financiën verstrekke subsidie aan TNO en dat bedrag werd toegerekend aan de vakministeries als ware het een soort overhead. 'Onder de streep' werd er gezegd. Dat gold niet voor de financiering van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Dat geld ging rechtstreeks van het ministerie van Defensie naar de Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Over de bedragen 'onder de streep' had het betreffende ministerie niet veel te zeggen, zeker niet over de hoogte, wel enigszins over hetgeen ervoor gedaan werd en dat gebeurde via die zogenaamde gedelegeerden in de besturen van de Bijzondere Organisaties. De TNO-begroting onderscheidde personele kosten, materiële kosten en investeringen. Een link met de inhoud van het werk was er maar globaal. Het verhaal ging dat in die tijd (jaren vijftig en zestig) de voorzitter van TNO jaarlijks in jacquet op audiëntie ging bij de minister van Financiën en dat hem dan het *accrès* werd medegedeeld. *Accrès* was het percentage waarmee de subsidie zou stijgen. En bij de vraag waaraan dat dan werd uitgegeven, werd er verteld: personele kosten, materiële kosten en investeringen. Dat heet tegenwoordig inputfinanciering. Een nieuwe fase ontstond toen in de jaren zeventig de TNO-subsidie in de rijksbegroting werd overgeheveld van Financiën naar Onderwijs. De verdeling van het geld over de vakministeries 'onder de streep' bleef. Die verdeling was vrijwel invariabel. Immers, een andere verdeling zou betekenen dat er geld van ministerie A naar ministerie B zou gaan. Het ministerie van Binnenlandse Zaken en dat van Justitie hebben in de jaren vijftig en zestig nooit aan de financiering voor TNO bijgedragen. Er waren daar geen problemen die TNO voor hen kon oplossen. Nooit werden er gelden verschoven van bijvoorbeeld Landbouw of Verkeer naar Binnenlandse Zaken of Justitie. Bij de reorganisatie van TNO in 1980 en de wetswijziging in 1985 kregen de ministeries meer greep op de bedragen 'onder de streep'. De inspraak door gedelegeerden van de ministeries verdween. Daar zijn toen andere wegen voor gezocht. De subsidie aan TNO werd gesplitst in een basissubsidie, vrij te besteden, en een doelsubsidie, waarvoor plannen moesten worden ingediend. Hier zien we de introductie van outputfinanciering, die ook tot uiting kwam in de verplichting van de nieuwe wet om vierjaarlijks een strategisch plan op te stellen waarin eveneens allerlei outputdoelstellingen werden opgenomen (zie ook hoofdstuk 5).
- 6 De inschatting is dat de Nijverheidsorganisatie TNO in 1955 voor 43% collectieve research deed, hoofdzakelijk gefinancierd door de overheid en medegefinancierd door het bedrijfsleven en andere sectoren.
- 7 *Rapport der commissie, ingesteld bij beschikking van zijne excellentie, den minister van onderwijs, kunsten en wetenschappen en zijne excellentie, den minister van binnenlandsche zaken en landbouw, dd. 30 juni 1923* [hierna *Rapport commissie-Went*], 33-38. *Jaarverslag TNO 1936*, 12-14.
- 8 *Jaarverslag TNO 1954*, 64.
- 9 Vergelijk 'De Nederlandse textielindustrie handhaaft zich door samenwerking en research', in: *T.N.O.-Nieuws* (1956), 11, 68-69.
- 10 *Jaarverslag Nijverheidsorganisatie TNO 1968*, 4.
- 11 *T.N.O.-Nieuws* (1952), 146 en *T.N.O.-Nieuws* (1954), 160-161.
- 12 *Jaarverslag TNO 1946*, 131.
- 13 De ontstaansgeschiedenis is als volgt: Er bestond sinds 1936 een Rubber-Stichting (niet te verwarren met het Rubberinstituut), die door de minister van Koloniën en de Internationale Vereeniging voor de Rubbercultuur in Nederlandsch-Indië was opgericht met als doel het bevorderen van het gebruik van natuurrubber door research en propaganda. De stichting had een eigen laboratorium op de Technische Hogeschool Delft, naast het laboratorium van het Rubberinstituut TNO. In de oorlog kreeg de Rubber-Stichting van de Duitsers te horen dat haar personeel in Duitsland ingezet zou gaan worden. Er was geen natuurrubber meer beschikbaar. Dus was research ook niet meer nodig. Daarop antwoordde de stichting dat onderzoek naar kunststoffen hoogst noodzakelijk was. Die argumentatie werd door de Duitsers geaccepteerd. Het personeel mocht blijven en het werd in het Kunststoffeninstituut ondergebracht, dat na de oorlog in 1946 aan TNO werd overgedragen.
- 14 Zie voor het navolgende: Geciteerd in: F. van der Most, E. Homburg, P. Hooghoff en A. van der Schelm, 'Nieuwe synthetische producten: plastics en wasmiddelen na de Tweede Wereldoorlog', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2000), Deel II, 359-365.
- 15 Geciteerd in: Van der Most e.a., 'Nieuwe synthetische producten: plastics en wasmiddelen na de Tweede Wereldoorlog', 361.
- 16 Houwink was in 1946 directeur-generaal van de Rubber-Stichting en hij had tijdelijk de leiding over het Kunststoffeninstituut TNO. *Jaarverslag TNO 1943-1945*, 37.
- 17 C.D. Andriess, *Dutch Messengers. A History of Science Publishing, 1930-1980* (Leiden, Boston 2008) 77; R. Houwink (ed.), *Elastomers and Plastomers, their chemistry, physics and technology*, Vol II Elsevier Polymer Series (New York, Amsterdam 1948); R. Houwink, *Fundamentals of synthetic polymer technology in its chemical and physical aspects*, Elsevier Polymer Series (New York, Amsterdam 1949). Houwink schreef ook *Elasticity, plasticity and structure of matter* (1937)
- 18 *Jaarverslag TNO 1955*, 132 (procedés en producten); *Jaarverslag TNO 1963*, 117-119 (keuringen en kunststofverwerking). Ook de synthese van kunststoffen uit monomeren werd gestaakt. Op de laboratoria van de grote multinationals werd daarin inmiddels voldoende geïnvesteerd.

- 19 Aldus L. Struik, voormalig directeur van het Kunststoffen- en Rubberinstituut TNO. Interview en e-mailwisseling met L. Struik, 26 november 2011.
- 20 *Jaarverslag TNO 1949*, 52-63.
- 21 *Jaarverslag TNO 1950*, 95.
- 22 Geciteerd in Noud de Vreeze (red.), *6,5 miljoen woningen. 100 jaar Woningwet en wooncultuur in Nederland* (Rotterdam 2001), 93.
- 23 Zie voor het navolgende: E.M.L. Bervoets en F.C.A. Veraart met medewerking van M.Th. Wilmink, 'Bezinning, ordening en afstemming 1940-1970', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2003), Deel VI, 215-239.
- 24 Bervoets e.a., 'Bezinning, ordening en afstemming 1940-1970', 215.
- 25 E.M.L. Bervoets en E.A.M. Berkers, 'Bouwvakkers en de modernisering van het bouwen 1900-1970', in: Schot e.a., *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*, Deel VI, 213. Dat proces had zich al vóór de oorlog ingezet.
- 26 Over de ontstaansgeschiedenis van het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies: In 1937 werd het Centraal Instituut voor Materiaalonderzoek (CIMO) opgericht en spoedig bij de Nijverheidsorganisatie TNO ondergebracht. Kort na de oorlog kende dat instituut een afdeling voor 'Bouwmaterialen'. De Nijverheidsorganisatie TNO besloot in deze jaren onderzoek te starten naar 'Bouwconstructies'. Een afzonderlijk instituut voor bouwmaterialen werd in 1951 opgericht. De samenvoeging met het onderzoek naar bouwconstructies gebeurde in 1954.
- 27 Zie voor de geschiedenis van CUR: *CUR koerst 2022. Van betonspeurwerk tot kennisnetwerk voor de gehele civiele techniek* (z.pl. 1992). Zie ook: *Geschiedenis van de Betonvereniging en aangesloten organisaties 1927-1987. Uitgegeven ter gelegenheid van het 60-jarig bestaan van de Betonvereniging* (z.pl. 1990)
- 28 'De proefwoningbouw te Rotterdam voltooid', in: *TNO-Nieuws* 3 (1948), 303. De uitvoering van dit plan werd opgedragen aan de juist tot stand gekomen Organisatiecommissie Gezondheidstechniek TNO.
- 29 'De proefwoningbouw te Rotterdam voltooid', 305.
- 30 *TNO-Nieuws* 2 (1947) no. 3, 61. In de wederopbouwjaren werd dit werk onder andere voortgezet rond het thema 'Thermisch Bouwen'.
- 31 Niet meegerekend is het Centrum voor Brandveiligheid met 10 medewerkers, onder wie 3 academici, dat sinds 1964 in het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies was ondergebracht. In 1965 werd ook de sectie Warmte- en Vochttransport van het Centraal Technisch Instituut TNO overgenomen.
- 32 Uit P. Bakker Schut en I.F. Bakker Schut, *Planologie. Van uitbreidingsplan, over streekplan naar nationaal plan* (Gorinchem 1944), geciteerd in: T.K. Huizinga, 'Wolkenkrabbers in Nederland', in: *TNO-Nieuws* 2 (1947) no. 5, 99-100. De conclusie van het TNO-onderzoek in 1947 was dat dergelijke hoge en zware gebouwen ook in Nederland gebouwd konden worden, mits daarbij een aantal bezwaren die uit zettingsverschillen voortvloeiden, bouwkundig werden ondervangen. Overigens werd erkend dat er nog veel onderzoek nodig was.
- 33 *Jaarverslag Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies 1960*, 4.
- 34 Andere zijn bijvoorbeeld het International Institute of Welding en het European Convention for Constructional Steelwork.
- 35 M. Michiels en H. Dekkers, *Leven met leer. Persoonlijke verhalen uit de Langstraatse schoenen- en lederindustrie* (Waalwijk 2010), 10-17.
- 36 Het Leerinstituut TNO was in 1943 opgericht. *Jaarverslag TNO 1943-1945*, 24.
- 37 *Jaarverslag Lederinstituut T.N.O. 1960*, 5. Er vond overleg plaats met enkele kleine technische commissies, die slechts een klein deel van de schoenenfabrieken bereikten. Verder waren er discussiebijeenkomsten met de researchvereniging.
- 38 *Jaarverslag TNO 1968*, nr. 2 nijverheidsorganisatie, 47.
- 39 *Jaarverslag Lederinstituut T.N.O. 1960*, 15.
- 40 J.L. van Zanden en R.T. Griffiths, *Economische geschiedenis van Nederland in de 20e eeuw* (Utrecht 1989), 229-230.
- 41 In 1965 was TNO in vijf van de zes beleidscommissies (BC's) van het Nederlands Normalisatie-instituut vertegenwoordigd, te weten: BC Bouwkunde: ir. P.C. Kreijger (chef afd. Bouwmaterialen IBBC-TNO); BC Chemie: ir. A.W. van Seters (directeur Instituut TNO voor Bouwmaterialen & Bouwconstructies en het Keramisch Instituut TNO); BC Elektrotechniek (tevens DB NEC): ir. M.W. van Batenburg (plv. dir. Fysisch Laboratorium RVO-TNO); BC Scheepsbouw: geen; BC Textiel: dr. H.J. Selling (directeur Vezelinstituut TNO); BC Werktuigbouw: ir. R. Reitsema (directeur Metaalinstituut TNO en lid namens TNO-Technische Raad). Zie *Jaarverslag Nederlands Normalisatie-instituut 1965*. Met dank aan P. Vos, Nederlands Normalisatie-instituut, voor het onderzoek.
- 42 Algemene Vereniging Toepassing Kunststoffen Bouwwezen, inv. 494, notulen van de bestuursvergadering, 28 september 1964. Geciteerd uit: Bervoets e.a., 'Bezinning, ordening en afstemming 1940-1970', 236.
- 43 Algemene Vereniging Toepassing Kunststoffen Bouwwezen, inv. 494, notulen van de bestuursvergadering, 28 september 1964. Informatie uit: Bervoets e.a., 'Bezinning, ordening en afstemming 1940-1970', 236.
- 44 *Jaarverslag Nijverheidsorganisatie TNO 1968*, 14.
- 45 *Jaarverslag Nijverheidsorganisatie TNO 1979*, 8.
- 46 Centraal Technisch Instituut TNO, *Jaarverslag 1957*, 9.
- 47 Centraal Technisch Instituut TNO, *Jaarverslag 1957*, 9.
- 48 E. Homburg, *Speuren op de tast. Een historische kijk op industriële en universitaire research* (Oratie Universiteit Maastricht 2003).
- 49 *Jaarverslag TNO 1971*, 3.
- 50 S.S. Blume, *The development of Dutch science policy in international perspective, 1965-1985* (Den Haag 1986), RAWB-achtergrondstudie, no. 14, 7-56.

- 51 *Jaarverslag TNO 1970*, 15.
- 52 *Jaarverslag TNO 1969*, 17-18. *Jaarverslag Nijverheidsorganisatie 1970*, 3-5.
- 53 H.A.W. Nijveld, 'Bijna een halve eeuw TNO - het lief en leed van een onderzoeksorganisatie', in: *TNO Project* (1980), 10, 361-366: 366.
- 54 *Jaarverslag TNO 1965*, 19-20 en *Jaarverslag 1966*, 15-20.
- 55 Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid, 'Advies inzake innovatie, in het bijzonder industriële innovatie', in: *Maatschappijbelangen* (1973), no.7, 300-305 en (1973), no.8, 344-348. Het advies was in juli 1972 uitgebracht en daarna in *Maatschappijbelangen* gepubliceerd.
- 56 Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid, 'Advies inzake innovatie', no. 7, 303.
- 57 De kritiek op TNO is des te opmerkelijker omdat de voorzitter van de RAWB de Leidse hoogleraar fysische scheikunde C.J.F. Böttcher was. Böttcher was nauw bij het onderzoek van TNO betrokken, met name bij het gezondheidsonderzoek (zie hoofdstuk 10 en 11). Mogelijk speelde in de beeldvorming van Böttcher ook mee dat de geneeskunde en het gezondheidsonderzoek in deze periode onder vuur lagen (zie hoofdstuk 12). Deze kwestie hebben wij echter niet kunnen ophelderen.
- 58 Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid, 'Advies inzake innovatie', no. 8, 348.
- 59 Van belang waren de Commissie Relatie Overheid-TNO onder voorzitterschap van H. Reinoud met een eerste interim-rapport in juni 1975; een 'Nota inzake de hoofdlijnen van de organisatie TNO' (*Tweede Kamer*, zitting 1977-1978, 14810, nr.1); twee TNO-commissies die in 1978 door de Centrale Organisatie waren ingesteld: een TNO-Commissie Herstructurering en een TNO-Adviescommissie Invulling Hoofdlijnen. Zie ook: H. Lintsen (red.), *Techniek in actie. Een geschiedenis van TNO Industrie en Techniek* (Eindhoven 2007), 28-32.
- 60 *Jaarverslag TNO 1981*, 10.
- 61 *De Memorie van Toelichting* bij de TNO-wet van 1985, 4.2 Doelstellingen en taken.
- 62 In 1977 stelde Boy Trip als minister van Wetenschapsbeleid reeds voor om de rijkssubsidie in deze twee categorieën te verdelen. 'Trip aan de voorzitter van de RAWB, 17 januari 1977.' Afdrukt in: *Advies herstructurering TNO*, 's-Gravenhage, 1977. Publicaties van de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid, no. 4. Geen paginanummers. Zie ook: *Tweede Kamer*, zitting 1979-1980, 16281, nr. 2: Financiering TNO, 30 juli 1980.
- 63 De benaming van TNO als federatieve instelling is afkomstig van voormalig TNO'er R. Arlman, e-mail 13 januari 2012. Het begrip 'federatie' was minder van toepassing op de Rijksverdedigingsorganisatie TNO, die vrij centralistisch werd geleid.
- 64 H.W. Lintsen en M. Teeselink, 'Historische breuklijnen', in: H.W. Lintsen en H. Schippers (red.) *Gedreven door nieuwsgierigheid: een selectie uit 50 jaar TU/e-onderzoek* (Eindhoven 2006), 77-87: vooral 81-86. Cijfers in mensjaren. De geldstroom laat hetzelfde beeld zien, zij het wat minder dramatisch.
- 65 J.L. van Zanden, *Een klein land in de 20e eeuw. Economische geschiedenis van Nederland 1914-1995* (Utrecht 1997), 228-229.
- 66 *Werk maken van kennis: TNO-strategie 2000*, Delft, 1994, 17.
- 67 Zie voor het navolgende: A. Versleijen (red.), *Dertig jaar publieke onderzoeksfinanciering in Nederland 1975-2005* (Den Haag 2007), 35-54.
- 68 Interview met prof.dr. Jan Bussink, 7 oktober 2011.
- 69 Interview van M. Hollestelle met prof.dr. L. Struik (oud-directeur van het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut), 5 september 2011.
- 70 Interview met prof.dr. Jan Bussink, 7 oktober 2011.
- 71 Interview van M. Hollestelle met prof.dr. L. Struik, 5 september 2011.
- 72 Interview met prof.dr. Jan Bussink, 7 oktober 2011.
- 73 Volgens prof.dr. L. Struik was dit de belangrijkste reden voor de geleidelijke achteruitgang van het instituut in de jaren zestig en zeventig. Struik zou in 1980 het verkennende, langetermijnonderzoek weer bij het TNO Kunststoffen en Rubberinstituut onderbrengen. Interview en e-mailwisseling met L. Struik, 26 november 2011.
- 74 Interview van M. Hollestelle met prof.dr. L. Struik, 5 september 2011.
- 75 L.C.E. Struik, *Polymeerfysika, terugblik op 22 jaar Twente*, afscheidscollege (z.pl. 2007) 4-5.
- 76 Interview met prof.dr. G. Challa, 16 september 2011.
- 77 Struik, *Polymeerfysika, terugblik op 22 jaar Twente*, 5.
- 78 M.A.J. Michels, *Ketens van onderzoek*, oratie (Eindhoven 1999) 20; L. Struik, *Lecture at DPI meeting, Maastricht, 21 Nov. 2007* (typoscript) 6.
- 79 Struik, *Polymeerfysika, terugblik op 22 jaar Twente*, 5.
- 80 Struik, *Polymeerfysika, terugblik op 22 jaar Twente*, 5-6.
- 81 Interview van M. Hollestelle met prof.dr. G. Challa, 16 september 2011.
- 82 Interview van M. Hollestelle met prof.dr. P. Lemstra, 12 oktober 2011.
- 83 Persoonlijke mededeling prof.dr. L. Struik, 6 september 2011.
- 84 Interview van M. Hollestelle met prof.dr. Jan Bussink, 7 oktober 2011.
- 85 Interview van M. Hollestelle met prof.dr. L. Struik, 5 september 2011.
- 86 Het ging om de volgende vijf instituten: TNO Bouw, TNO MEP (Milieu, Energie en Procesinnovatie), TNO INRO (Instituut voor Ruimtelijke Ordening), TNO NITG (Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen) en een deel van TNO STB (Strategie, Technologie en Beleid).
- 87 Een gehanteerde werkwijze was bijvoorbeeld het zogenaamde rekstrookjesonderzoek, waarmee bij belasting van staal- en betonconstructies optredende spanningen werden gemeten.
- 88 F.K. Ligtenberg, 'Bouwresearch, nu en straks?', in: *TNO Project* 5 (1977) no. 3, 93.
- 89 *Jaarverslag Nijverheidsorganisatie TNO* (1976), 18.
- 90 Zie bijvoorbeeld ook *Jaarverslag TNO* (1981), 28-29.
- 91 H. Hage, 'Je hebt te maken met de complete kennisketen' [Interview met dr.ir. J. Rots], in: *Toegepaste Wetenschap* (okt. 1997), 18-21.

- 92 H. Hage, 'DIANA: een brok techniek, verpakt in software', in: *Toegepaste Wetenschap* (1994), 33-34.
- 93 Hage, 'Je hebt te maken met de complete kennisketen', 20.
- 94 Hage, 'DIANA', 32-34; *TNO-Jaarverslag* (1994), 30; Een model van het Feyenoordstadion werd ook nog op stormbestendigheid getest in de windtunnel van TNO; H. Hage, 'Drie TNO-instituten werken aan stormvloedkering in Nieuwe Waterweg', in: *Toegepaste Wetenschap* (1992), 18-22.
- 95 'Offshore belangrijk voor Nederlandse economie', in: *Toegepaste Wetenschap* (1994), 28-30.
- 96 Het betrof een zogenaamd ICES-programma. ICES staat voor Interdepartementale Commissie Economische Infrastructuur.
- 97 Naast TNO participeerden de TU Delft, GeoDelft, WL | Delft Hydraulics, KIWA en Unesco IHE in het samenwerkingsverband Delft Cluster.
- 98 H. Hage, 'Kenniss opbouwen over boren in zachte grond. ICES-programma Ondergronds Bouwen', in: *Toegepaste Wetenschap* (aug. 1996), 4-7.
- 99 J. Wessels, 'Impuls voor ondergronds bouwen', in: *TNO-magazine* (maart 2006), 10-11.
- 100 Hage, 'Kenniss opbouwen over boren in zachte grond', 6-7.
- 101 *Jaarverslag TNO* (1993), 22.
- 102 Hage, 'Kenniss opbouwen over boren in zachte grond', 7.
- 103 J.A. Boswinkel, *TNO water en ondergrond* (interne notitie, TNO 2006). Zie ook: 'De basis voor wereldwijd watermanagement', in: *Toen.Nu.TNO. 75 jaar TNO-onderzoek voor overheid, bedrijfsleven en samenleving* (z.pl. 2007), 55.
- 104 *Jaarverslag TNO* (1994), 34-35.
- 105 TNO Brochure, getiteld *GeoTOP. Driedimensionale modellering van de bovenste 30 meter van de Nederlandse ondergrond* (2010).
- 106 Opgenomen worden het Bodeminformatiesysteem van Alterra, informatie over de milieukwaliteit van de grond en archeologische gegevens. Opgenomen worden ook de modellen van DINO.
- 107 R. Wevers, 'Bodem- en ondergrondgegevens. DINO en BIS samen in Basisregistratie', in: *GIS* (2011).
- 108 Ch. Citroen, 'Literatuuronderzoek met behulp van de computer', in: *TNO Project* (1978), 282-285.
- 109 J. Meinardi, "'War games" - De computer bootst vele oorlogshandelingen na', in: *TNO Project* (1978), 290-294.
- 110 J. van Boeckel, 'De opmars van de micro-electronica is begonnen, maar Nederland slaapt nog', in: *TNO Project* (1978), 261-266. Van Boeckel maakte overigens een uitzondering voor Philips.
- 111 F. Kuitenbrouwer, 'Half-blind stommelt Nederland de informatie-maatschappij binnen', in: *TNO Project* (1978), 276-281.
- 112 Zie voor het navolgende: A. van den Bogaard, H. Lintsen, F. Veraart en O. de Wit (red.), *De eeuw van de computer. De geschiedenis van de informatietechnologie in Nederland* (Deventer 2008), 237-241.
- 113 G.W. Rathenau, Adviesgroep maatschappelijke gevolgen van de micro-electronica, *Verslag van de Adviesgroep maatschappelijke gevolgen van de micro-electronica* (z.pl. 1979).
- 114 Van den Bogaard, *De eeuw van de computer*, 52.
- 115 *TNO-Nieuws* (1970), 239.
- 116 *TNO-Nieuws* (1964), 483.
- 117 *TNO-Nieuws* (1970), 238.
- 118 *TNO-Nieuws* (1979), 158.
- 119 *TNO-Nieuws* (1979), 158. Op initiatief van de discussiegroep kwam in 1975 de Coördinatiecommissie Computer Activiteiten TNO (CCA-TNO) tot stand. De commissie bestond uit negen leden, afkomstig uit verschillende geledingen van de organisatie, en had vijf taken: (1) het inventariseren van het computerpersoneel, de hardware en software binnen TNO, (2) het geven van adviezen aan TNO-instellingen over computers en het onderhandelen met leveranciers over (aanschaf)voorwaarden, (3) het adviseren van de directie bij de aanschaf van computerapparatuur, (4) het voorbereiden van een structuur op het gebied van computertoepassingen binnen TNO, en (5) het geven van voorlichting en de uitgave van het interne communicatieblad 'Computer Contact'.
- 120 *TNO Project* (1977), 291-292.
- 121 *TNO Project* (1979), 158.
- 122 'Micro-elektronica en vervreemding', redactionele inleiding bij *TNO Project* 8 (1980), 3.
- 123 'Rapport commissie-Rathenau: "Niet afwachten of afremmen, maar actief meedoen met micro-electronica"', in: *TNO Project* 8 (1980), 44-45.
- 124 *Jaarverslag TNO* (1982), 14.
- 125 *Jaarverslag TNO* (1981), 16.
- 126 F. Veraart, *Vormgevers van Persoonlijk Computergebruik: de ontwikkeling van computers voor kleingebruikers in Nederland, 1970 - 1990* (Eindhoven 2008).
- 127 E. Breeman, 'DIMES - lange lijdensweg naar het nationale speerpunt', in: *Toegepaste Wetenschap* (mei 1987), 35-38; hier ook een korte geschiedenis over de oprichting van het Delfts Instituut voor Micro-Elektronica en Submicrontechnologie (DIMES).
- 128 Geciteerd in: E. Breeman, 'Onderzoek: automatisering in Nederland moet nog beginnen', in: *Toegepaste Wetenschap* (maart 1985), 14-15.
- 129 Breeman, 'Onderzoek: automatisering in Nederland moet nog beginnen', 15.
- 130 R. Korevaar, 'Extreme marktgerichtheid onderzoek benadeelt midden- en kleinbedrijf', in: *Toegepaste Wetenschap* (mei 1985), 17. Uit het rekencentrum werd een administratief automatiseringscentrum gevormd, terwijl de externe rekencentrumactiviteiten werden afgestoten.
- 131 *Jaarverslag TNO* (1986), 18.
- 132 Het ging om het Productcentrum TNO samen met de faculteit Industrieel Ontwerpen van de TU Delft, het CAD Training Centrum van die universiteit, de Vereniging voor Computer-toepassingen in de Ingenieurspraktijk en het CIAD in Zoetermeer.

- 133 E. Breeman, 'Nieuw CAD-Centrum TNO wil kenniskloof dichten', in: *Toegepaste Wetenschap* (juli 1987), 34-35; *Jaarverslag TNO* (1987), 12-13.
- 134 'Stereolithografie levert binnen enkele uren fysiek produktmodel. CAD-Centrum TNO start eerste modellering jobshop in Nederland', in: *Toegepaste Wetenschap* (mei 1991), 4-6.
- 135 H. Hage, 'IT&T Initiatief: intern netwerk versterkt TNO-expertise', in: *Toegepaste Wetenschap* (februari 1993), 4-7. De andere speerpunten waren Virtual Reality, Signal Processing, Process and Control, Product Data Interchange, Document Information Systems en High Performance Computing.
- 136 'TNO presenteert IT&T op Hannover Messe', Bijlage bij: *Toegepaste Wetenschap* (april 1993). Het *virtual reality*-onderzoek werd door het Fysisch en Elektronisch Laboratorium (FEL) van TNO in samenwerking met het Britse bedrijf Division Ltd gedaan.
- 137 De studies werden verricht door TNO Strategie, Technologie en Beleid (1996) en opvolgers, waaronder TNO ICT onder leiding van prof. Valerie Frissen.
- 138 Informatie van B. Kokkeler, e-mail 12 augustus 2011. Het Telematics Research Centre werd in 1992 formeel opgericht.
- 139 Informatie van B. Kokkeler, e-mail 12 augustus 2011.
- 140 Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid, *Advies over relatie overheid-TNO* (Den Haag 1995). De AWT schreef in 1998 een vergelijkbaar rapport over de GTI's: *Het nut van de grote technologische instituten* (1998).
- 141 Ad hoc Commissie 'Brugfunctie TNO en GTI's', *De kracht van directe verbindingen* (Den Haag 2004), 42-48, citaat op p. 43.
- 142 Wat betreft de kerngebieden: TNO stond op het punt om het onderzoek rond vijf kerngebieden te organiseren:
- TNO Defensie en Veiligheid
 - TNO Bouw en Ondergrond
 - TNO Informatie- en Communicatietechnologie
 - TNO Industrie en Techniek
 - TNO Kwaliteit van Leven
- Die organisatie is in 2005 doorgevoerd.
- 143 Het onderscheid dat in de *Jaarverslagen TNO* wordt gehanteerd en dat nauw met deze tweedeling samenhangt, is:
- Kennis als vermogen binnen thema's (KaV) en Kennis als vermogen over thema's heen (KaVoT).
- Beleids- en Toepassingsgerichte Kennis (BTK). Daaronder vallen de vraaggestuurde en cofinancieringsprogramma's.
- De wijze waarop de programmering van het onderzoek in deze twee categorieën tot stand komt, wordt in hoofdstuk 20 besproken.
- 144 J. Ruwette, *Innovatiebeleid in Nederland: De nationale vertaling van het Lissabon akkoord* (Erasmus Universiteit, masterscriptie Arbeid, Organisatie en Management, Rotterdam 2005), 22-23.
- 145 Ministerie van Economische Zaken., *In actie voor innovatie: Aanpak van de Lissabon-ambitie* (Den Haag 2003), drie delen, zie vooral deel 2 voor de analyse. Zie Ruwette, *Innovatiebeleid in Nederland* voor een uitgebreide analyse van het beleid sinds 2003.
- 146 Zie hierover: B. Willink, *De tweede gouden eeuw. Nederland en de Nobelprijzen voor natuurwetenschappen 1870-1940* (Amsterdam 1998) en H.G. Heijmans, *Wetenschap tussen universiteit en industrie. De experimentele natuurkunde in Utrecht onder W.H. Julius en L.S. Ornstein 1896-1940* (Rotterdam 1994); K. van Berkel, *In het voetspoor van Stevin. Geschiedenis van de natuurwetenschap in Nederland 1580-1940* (Amsterdam 1985).
- 147 *Jaarverslag Technisch Fysische Dienst TNO en T.H. 1942*.
- 148 *Jaarverslag Technisch Fysische Dienst TNO en T.H. 1950*, 6 en *Jaarverslag Technisch Fysische Dienst TNO en T.H. 1949*, 10.
- 149 Centrale Organisatie TNO, *De Technisch Fysische Dienst TNO-TH* (Delft 1966), 41.
- 150 *Jaarverslag Technisch Fysische Dienst TNO en T.H. 1958*, 13.
- 151 Centrale Organisatie TNO, *De Technisch Fysische Dienst TNO-TH*, 51-53.
- 152 In 1960, bijvoorbeeld, stelde de Röntgenafdeling 610 rapporten samen (op een totaal van 1193 uitgebrachte rapporten in dat jaar). *Jaarverslag Technisch Fysische Dienst TNO en T.H 1960*, 25.
- 153 Gebaseerd op *Jaarverslagen TPD* en op Centrale Organisatie TNO, *De Technisch Fysische Dienst TNO-TH*, en op G.A. van Schootbrugge, *50 jaar TPD. Een halve eeuw natuurkunde voor de praktijk* (Delft 1991), 35-41.
- 154 *Jaarverslag TPD 1964*, 9.
- 155 Schootbrugge, *50 jaar TDP*, 88-93; H.C. Botma, 'Dertig jaar meting van zeegolven en getij', in: *Jaarverslag Technisch Fysische Dienst TNO en T.H 1981*, 63-66.
- 156 Informatie Kees Luijpen, TNO, Delft.
- 157 *Jaarverslag TPD 1960*, 6.
- 158 *Jaarverslag TPD 1970*, 7/8.
- 159 *Jaarverslag TPD 1964*, 13.
- 160 Schootbrugge, *50 jaar TPD*, 56; A. Hammerschlag, 'TPD-activiteiten ten behoeve van ruimteonderzoek en ruimtevaart', in: *Jaarverslag Technisch Fysische Dienst TNO-TH 1981*, 70-72; mondelinge mededelingen aan de auteur van Kees de Boom, Delft, 13 april 2007.
- 161 Mondelinge mededeling aan de auteur van Peter van Zuylen, Zeist, 3 mei 2007, en *Jaarverslag TPD 1981*.
- 162 Mondelinge mededeling aan de auteur van Peter van Zuylen, Zeist, 3 mei 2007, en informatie van Kees Luijpen, TNO, Delft.
- 163 *Werkplan TPD 1977*.
- 164 *Jaarverslag TPD 1981*, 8.
- 165 Mondelinge mededelingen aan de auteur van Kees de Boom, Delft, 13 april 2007.

- 166 'GOME: ozon-metingen op hoog niveau', in: *TNO Magazine TW Toegepaste wetenschap* (juni 1995), nummer 3, 8-9; 'Ozonlaag aan de monitor', in: *Sterke staaltjes. Vijftig voorbeelden van vernieuwing uit de wereld van TNO*, (Delft 1997); 'Europese satelliet voor ozonmetingen', in: *NRC-Handelsblad* (6 april 1995).
- 167 A. Kamp, M. Dobber en R. van der Linden, 'Sciamachy Ready for Launch', paper gepresenteerd op het 50th International Astronautical Congress, 4-8 Oct. 1999, Amsterdam.
- 168 'Unieke kennis TNO helpt onderzoek Ozonlaag', in: *TNO Magazine*, december 2005, 6.
- 169 Mondelinge mededeling van Johan de Vries aan de auteur, Leiden, juni 2007.
- 170 Mondelinge mededelingen van Huib Visser aan de auteur, Delft, juni 2007.
- 171 Mondelinge mededelingen van Trevor Watts aan de auteur, Leiden, juni 2007.
- 172 *TPD Middellange termijn planning 1996-2000*, 22.
- 173 Mondelinge mededelingen van Trevor Watts aan de auteur, Leiden, juni 2007.
- 174 'Europese ruimtevaart houdt even de adem in', in: *NRC-Handelsblad* (1 maart 2002).
- 175 'Satellietinstrument Sciamachy meet luchtverontreiniging', KNMI-website (geraadpleegd 22 juni 2007); 'Eerste animaties broeikasgassen met gegevens van Envisat sensor Sciamachy', ESA-website (geraadpleegd 22 juni 2007).
- 176 De navolgende tekst is gebaseerd op mondelinge mededelingen van P. de Jager (TNO Delft, maart en april 2007), J. Burghoorn (ASML Veldhoven, juni 2007), P. van Zuylen (TNO Zeist, april 2007) en T. Bastein (Eindhoven, april 2007) en aangevuld met commentaar van J. Benschop en L. van Grinsven (ASML Veldhoven, januari 2012).
- 177 Mondelinge mededelingen van J. Burghoorn (ASML Veldhoven, juni 2007).
- 178 Mondelinge mededelingen aan de auteur van P. van Zuylen (TNO Zeist, april 2007) en P. de Jager (TNO Delft, maart en april 2007). TNO adviseert ASM Lithography. Chips steeds kleiner, technische problemen steeds groter', in: *TNO magazine* (september 1998), 26.
- 179 Mondelinge mededelingen aan de auteur van T. Bastein (Eindhoven, april 2007) en J. Burghoorn (ASML Veldhoven, juni 2007).
- 180 Mondelinge mededelingen aan de auteur van P. de Jager (TNO Delft, maart en april 2007).
- 181 Mondelinge mededelingen aan de auteur van J. Burghoorn (ASML Veldhoven, juni 2007).
- 182 Mondelinge mededelingen aan de auteur van J. Burghoorn (ASML Veldhoven, juni 2007).
- 183 Een nagebootste klap, in: L. Crouzen e.a., *Sterke staaltjes. Vijftig voorbeelden van vernieuwing uit de wereld van TNO* (Delft 1997), 22. 23. Zie ook Bart Reijnen, 'De familie Botspop', in: *Elsevier Thema* (april 2007), 58-61.
- 184 De botsproeven worden ook voor vergelijkend onderzoek gebruikt, zoals in het EuroNCAP-programma van de Europese consumentenorganisaties.
- 185 De rol van MADYMO is in de loop der tijd veranderd.
- 186 De onderzoeksgroep begon in 1947 als Instituut voor Rijwielontwikkeling (IRO). Dat ging in 1955 over in het RAI-TNO Instituut voor Wegtransportmiddelen (RAI-TNO Instituut). Dat was een zogenaamde gelieerde stichting. Na opname in TNO heette het instituut: Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO (IW-TNO) en vervolgens TNO Wegtransportmiddelen (TNO-WT). In de jaren negentig werd ten behoeve van buitenlandse opdrachtgevers daarnaast de naam TNO-Automotive gebruikt en vanaf de reorganisatie in 2005 Business Unit Automotive (BU Automotive) ook in Nederland. Vanaf 2011 is er sprake van een hoofdstuk 'Mobiliteit' met twee innovatiegebieden: 'Betrouwbaar verkeerssysteem' en 'Veilige en schone transportmiddelen'.
- 187 Met dank aan P.D. van der Koogh voor het commentaar op dit hoofdstuk.
- 188 Een belangrijke bron bij het schrijven van dit hoofdstuk is een manuscript over de geschiedenis van TNO-WT dat zich bij TNO-Automotive bevindt. In de bronvermelding wordt verwezen naar *Manu TNO-WT*. De auteurs van de verschillende hoofdstukken van het manuscript worden in de verwijzing genoemd. A. de Graaf, 'Het ontstaan van WT-TNO', in: *Manu. TNO-WT*.
- 189 Hij was tevens beheerder van de instituutsbibliotheek. Zijn bijdrage aan de literatuuroverzichten vond plaats in het samenwerkingsverband SAMCAD (Stichting Samenwerking Centra Automobiël Documentatie), dat circa zes partners (waaronder DAF en PTT) kende met in de beginfase een twintigtal abonnees, vooral uit het MKB. SAMCAD vervulde in de beginjaren een nuttige functie, maar nam in de loop der jaren in betekenis af door vergrote toegankelijkheid van buitenlandse documentatiediensten zoals SAE en VDA en later de digitale mogelijkheden. SAMCAD is in de jaren tachtig opgeheven.
- 190 Archief TNO-Automotive, *Rapport: Ontwerp Laag Gebouwd Rijwiel*, dec. 1952. Met bijbehorende correspondentie.
- 191 Zie voor de veranderingen in mobiliteit in Nederland: J.W. Schot, G.P.A. Mom, R. Filarski, P.E. Staal, 'Concurrentie en afstemming: water, rails, weg en lucht', in: J.W. Schot, H. Lintsen en A. Rip (red.), *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Eindhoven/Zutphen 2002), deel V, 19-43.
- 192 De Graaf, 'Het ontstaan van WT-TNO'.
- 193 De autogordels waren door het RAI-TNO Instituut voor Wegtransportmiddelen ontwikkeld op basis van bepaalde minimumspecificaties en door fabrikanten in productie genomen. Het instituut deed ook de keuringen. Deze vrijwillige keuringsregeling diende later mede als belangrijke input voor de wettelijke regelingen op internationaal niveau. In 1971 kwam er een wettelijke montageplicht voor autogordels op de voorstoelen, enkele jaren daarna een draagplicht. Vervolgens werden de Europese reglementen van kracht. Deze casus is een interessant voorbeeld van het ontstaan van internationale reglementen van 'onderop'.
- 194 De Graaf, 'Het ontstaan van WT-TNO'.
- 195 In de VS werden bij botsproeven soms menselijke vrijwilligers en proefdiere ingezet. Zie onder andere het artikel 'Biomechanical research in the United States', in: *TNO-Road-Vehicles Research Institute Magazine* (voortaan: *By the Way*) (juni 1985). In Nederland vond men dat onethisch.
- 196 Het eerste prototype werd in het schuurtje van J.C. Bastiaanse van 'Wegtransportmiddelen' gebouwd, omdat de werkplaats van het instituut onvoldoende geventileerd was.

- 197 De Graaf, 'Het ontstaan van WT-TNO'.
- 198 Mondelinge mededeling aan de auteur van Hans Driever.
- 199 K. Heemskerk, 'Keuringen', in: *Manu.TNO-WT*.
- 200 'TNO-IW introduces quality guidelines for child's seats on bicycles', in: *By the Way* (juni 1988).
- 201 'TNO Road-Vehicles Research Institute passes prestigious performance milestone', in: *By the Way* (juni 1996).
- 202 Heemskerk, 'Keuringen'. Zie over Keuringen, inmiddels Homologaties geheten, ook: 'Essential link in the quality chain', in: *By the Way* (juni 1996).
- 203 H. Driever, 'Voertuigdynamica', in: *Manu TNO-WT*.
- 204 'Investigating the effects of cross winds on road vehicles', in: *By the Way* (juni 1988).
- 205 Driever, 'Voertuigdynamica'.
- 206 'European Drive Initiative', in: *By the Way* (februari 1991).
- 207 Driever, 'Voertuigdynamica'.
- 208 Zie voor de geschiedenis van ABS en opvolgers: Kiril Z. Rangelov, *Simulink Model of a Quarter-Vehicle* (Eindhoven 2004), 3, Website Bosch, ABS Systems.
- 209 Informatie van Joost Zuurbier, TNO, Helmond.
- 210 *News Release, Insurance Institute for Highway Safety*, 13 juni 2006.
- 211 Informatie Joost Zuurbier, TNO, Helmond.
- 212 Informatie Joost Zuurbier, TNO, Helmond.
- 213 Overigens was eind jaren zestig al apparatuur aanwezig voor de analyse van uitlaatgassen. Die was in bruikleen verkregen van het ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu. De apparatuur werd gebruikt in samenhang met een motorproefstand.
- 214 'IW co-ordinates pilot project in Bangla Desh', in: *By the Way* (december 1985).
- 215 *By the Way*, (juli 1989).
- 216 'Alcohol fuels gaining importance', in: *By the Way* (december 1980). Verder ook de mondelinge mededeling aan de auteur van Joke van der Weide. En informatie van P.D. van der Koogh. Het gaat hier om het zogenaamde benzine-alcoholstelsel. Het probleem van alcohol was de aanzienlijk lagere energie-inhoud ten opzichte van benzine. Daarmee wordt de brandstofhoeveelheid die aan de motor moest worden toegevoerd, afhankelijk van de benzine-alcoholverhouding. Het stelsel loste dit op zodat men beide brandstoffen zonder beperkingen kon tanken. Het probleem bij de ontwikkeling van de sensor was een meetprincipe te vinden dat een lineaire output gaf.
- 217 J. van der Weide, 'Verbrandingsmotoren', in: *Manu TNO-WT*.
- 218 *By the Way* (december 1988).
- 219 Van der Weide, 'Verbrandingsmotoren'.
- 220 Informatie Frank Willems, TNO, Delft.
- 221 B. van Wayenburg, *NRC-Handelsblad*, 1 september 2001.
- 222 Informatie van Jan Kruithof, DAF, Eindhoven.
- 223 Informatie van Frank Willems, TNO, Delft.
- 224 Informatie van Jan Kruithof, DAF, Eindhoven.
- 225 Gerard van de Schootbrugge, 'Letselbiomechanica draagt bij tot verkeersveiligheid', in: *Toegepaste Wetenschap* (mei 1990).
- 226 Mondelinge mededeling van Peter van der Koogh aan de auteur.
- 227 *By the Way* (december 1988).
- 228 Mondelinge mededeling van Joke van der Weide aan de auteur.
- 229 E. Janssen, 'Botsveiligheid', in: *Manu TNO-WT*.
- 230 Ed Breeman, 'Stimulerende computer bootst steeds beter na', in: *Toegepaste Wetenschap* (maart 1987), 6-7.
- 231 Zie het bericht over de inaugurele rede van J. Wismans aan de TU/e, in: *By the Way*, juli 1990. Een andere Eindhovense deeltijdhoogleraar namens 'Wegtransportmiddelen', R. Baert, verrichtte enige tijd onderzoek aan verbrandingsmotoren.
- 232 Janssen, 'Botsveiligheid'. Zie voor de activiteiten: Website TASS.
- 233 H. Driever, 'Geschiedenis Automotie. 1995-2003', ongepubliceerde notitie.
- 234 H. Schippers, 'Botsen voor de veiligheid', in: H.W. Lintsen en H. Schippers (red.), *Gedreven door nieuwsgierigheid, een selectie uit 50 jaar TU/e onderzoek* (Eindhoven 2006), 171- 178. Zie ook het Jubileumnummer, *Promotive ATC 2002-2007* (april 2007).
- 235 Voor het navolgende is gebruik gemaakt van: H.C.R. van de Coolwijk e.a., *External Technology Audit, TNO Automotive* (Delft maart 2005). Zie ook: *Strategisch Plan TNO Industrie en Techniek 2007-2010* (z.p.l., z.j.).
- 236 Van de Coolwijk e.a., *External Technology Audit*, 36.
- 237 Van de Coolwijk e.a., *External Technology Audit*, 4, 8-10.

NOTEN BIJ DEEL II

- 1 Een kwart eeuw TNO 1932-1957. Gedenkboek bij de voltooiing van de eerste 25 jaar werkzaamheid van de organisatie TNO op 1 mei 1957 (Den Haag 1957), 93.
- 2 Zij deed dat in samenwerking met de Amsterdamse Keuringsdienst van Waren en het Nederlands Instituut voor Volksvoeding. Zie: P. Huijnen, *De belofte van vitamines. Voedingsonderzoek tussen universiteit, industrie en overheid 1918-1945* (proefschrift Universiteit van Amsterdam 2011), 139.
- 3 Huijnen, *De belofte van vitamines*, 139.
- 4 A.P. den Hartog en A. Albert de la Bruhèze, 'De witte motor', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2000), Deel III, 316.
- 5 T. Staarink, *Voeding en gezondheid in Nederland in de 20^e eeuw. Tussen wetenschap en maatschappij* (z.pl. z.jr.), 13-17.
- 6 Zie voor het navolgende: Huijnen, *De belofte van vitamines*, passim.
- 7 In 1939 werden de Stichting tot Wetenschappelijke Voorlichting op Voedingsgebied en het tijdschrift *Voeding* opgericht. Het tijdschrift richtte zich met zijn wetenschappelijk onderbouwde voorlichting over voeding in de eerste plaats op medici. Ofschoon het aantal abonnees al snel de verwachtingen sterk overtrof, liet juist deze beroepsgroep het echter afweten. Dit werd geweten aan het te wetenschappelijke karakter van de bijdragen. P.N. Boekel, 'De Stichting tot wetenschappelijke voorlichting op voedingsgebied een kwart eeuw oud', in: *Voeding* 26 (1965), no. 6, 290-291.
- 8 C. van den Berg, 'Over het ontstaan van de voedingsorganisatie T.N.O. en van de voedingsraad en over het werk van deze laatste gedurende de bezetting', in: *Voeding* 26 (1965), no. 6, 300-301.
- 9 Medestanders voor zijn ideeën vond Van den Berg in de secretarissen-generaal van het ministerie van Sociale Zaken en dat van Economische Zaken, respectievelijk Scholtens en Van Rhijn, en in de directeur-generaal voor de Voedselvoorziening, Louwes. Maar ook buiten de kring van ministeriële topambtenaren vond het idee voorstanders. Het is zelfs de vraag of Van den Berg zijn eigen rol in retrospectief niet wat te centraal heeft gesteld. Volgens een uitgave ter gelegenheid van het veertigjarig bestaan van de Voedingsorganisatie TNO waren namelijk op initiatief van ir. J. Straub, het hoofd van de Amsterdamse Keuringsdienst van Waren, in de herfst van 1939 meerdere partijen met Van den Berg en Louwes aan tafel gebracht om het voedselvraagstuk op een meer wetenschappelijke manier te benaderen, onder wie het hoofd van het bureau Voedingszaken van het Rijksbureau voor de Voedselvoorziening in Oorlogstijd, dr.ir. M.J.L. Dols, de directeur van het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid in Utrecht, dr. W.Aeg. Timmerman, en de Utrechtse hoogleraar Geneeskunde dr. H.W. Julius. A.C. de Gooijer, *Over de tong. Veertig jaar voedingsonderzoek. Voedingsorganisatie TNO* (z.pl. 1980), 11-12; zie ook: R.B.M. Rigter, 'De Gezondheids- en Voedingsraad in Oorlogstijd', in: *Tijdschrift GeWiNa* 14 (1991), no. 4, 231.
- 10 Van den Berg, 'Over het ontstaan van de voedingsorganisatie', 302.
- 11 Huijnen, *De belofte van vitamines*, 126.
- 12 T. Mulder, '25 jaar Voedingsraad in Nederland', in: *Voeding*, 26 (1965), no. 6, 313. In 1959 werd overigens afgesproken dat de Voedingsorganisatie TNO budget kreeg om onderzoek in opdracht van de Voedingsraad te gaan uitvoeren.
- 13 *Jaarverslag TNO 1940*, 68-69.
- 14 Andere onderwerpen waren: voeding en vitamine C; de verteerbaarheid van verschillende soorten zetmeel bij de mens; de bereiding van carotine uit plantaardig materiaal; de invloed van vitamine E op de steriliteit van mannelijke dieren; de samenstelling van de voeding van vegetariërs. *TNO-Jaarverslag 1940*, 70-74.
- 15 Huijnen, *De belofte van vitamines*, 141-142.
- 16 *Jaarverslag Voedingsorganisatie TNO 1965*, 6.
- 17 M. van Eekelen, 'Bij het 25-jarig bestaan van de voedingsorganisatie T.N.O. en van het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek T.N.O.', in: *Voeding* 26 (1965), 329.
- 18 F.J. Dijksterhuis en B. van der Meulen, *Tussen coördineren en innoveren. De Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek, 1957-2000* (Groningen 2007).
- 19 R.J.J. Hermus, 'Honderd jaar voedingswetenschappen: het ontstaan van een nieuwe discipline', in: A.P. den Hartog (red.), *De voeding van Nederland in de twintigste eeuw. Balans van honderd jaar werken aan voeding en gezondheid* (Wageningen 2001).
- 20 In 1985 kreeg de voedingsmiddelentabel de naam NEVO-databestand terug. NEVO stond voor Nederlands Voedingsstoffenbestand en viel onder de verantwoordelijkheid van de commissie Uniforme Codering Voedingsmiddelen en de Commissie Nederlandse Voedingsmiddelentabel van de Voedingsraad. Tegenwoordig is dit bestand 'online' beschikbaar bij het RIVM.
- 21 M.R.H. Lōwik en R.J.J. Hermus, 'The Dutch nutrition surveillance system', in: *Food Policy* (nov. 1988), 361-362.
- 22 <http://www.rivm.nl/nevo/organisatie/>. Geraadpleegd: 10-3-2011.
- 23 Begin jaren zestig werd het onderzoek naar voeding in relatie tot specifieke bevolkingsgroepen uitgebreid naar de voeding van sportlieden ('onder invloed van de Olympische Spelen te Tokio') en naar voeding van de bevolking in de overzeese gebiedsdelen (Suriname, de Nederlandse Antillen en tot 1962 Nieuw-Guinea). Hiervoor verstrekten de stichtingen Wetenschappelijk Onderzoek Suriname en de Nederlandse Antillen (WOSUNA), respectievelijk Wetenschappelijk Onderzoek Nieuw Guinea (WONG) subsidies.
- 24 *Toen. Nu. TNO. 75 jaar TNO-onderzoek voor overheid, bedrijfsleven en samenleving* (z.pl. 2007), 37.
- 25 *Jaarverslag TNO Voedingsorganisatie (verder VO) 1968*, 4-5.
- 26 *Jaarverslag TNO VO 1969*, 27.
- 27 *Jaarverslag TNO VO 1966*, 43-44.
- 28 *Jaarverslag TNO VO 1968*, 5.
- 29 *Jaarverslag TNO VO 1968*, 6.
- 30 Lucas Reijnders, Rob Sijmons e.a., *Voedsel In Nederland. Gezondheid, bedrog en vergif* (Amsterdam 1973).

- 31 *Jaarverslag TNO-VO 1971*, 21.
- 32 *Jaarverslag TNO-VO 1971*, 23.
- 33 A. Beyen, 'We eten wéér minder groenten en fruit', in: *Toegepaste Wetenschap* (feb. 1999), 20-21.
- 34 *Jaarverslag TNO 2001*, 46.
- 35 *Jaarverslag TNO 1999*, 31.
- 36 *Jaarverslag TNO 1986*, 54-55.
- 37 *Jaarverslag TNO 1991*, 27. Een vermoede relatie die daarentegen niet in het cohortonderzoek kon worden vastgesteld, betrof die tussen het voorkomen van kanker en de hoeveelheid selenium in het dieet.
- 38 *Jaarverslag TNO 1981*, 10.
- 39 Tweede Kamer, vergaderjaar 2010-2011, Kamerstuk 32 637 Bedrijfslevenbeleid, nr. 15 Brief van de minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie en de secretarissen van Financiën en van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap aan de voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, Den Haag 13 september 2011, zie 6. Topsector Agro & Food.
- 40 Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid heet tegenwoordig het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- 41 V. Feron, F. de Vrijer, R. Kroes en R. Hermus, 'Relatieve gezondheidsrisico's van additieven, contaminanten en voedingsstoffen', in: *Voeding* 51 (1990), no. 6, 142-146; zie ook het onderzoek van W. de Haes en C. de Haan, 'Gezondheidsbedreigingen en gezond gedrag', in: *Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde* 58 (1980), afl. 20, 709 e.v.. E. Kampelmacher, '*Die Leute sagen immer...*' [Afscheidsrede als buitengewoon hoogleraar in de levensmiddelemicrobiologie en -hygiëne aan de LH Wageningen (6 juni 1985)] (Wageningen 1985).
- 42 Feron e.a., 'Relatieve gezondheidsrisico's', 142.
- 43 Van Eekelen, 'Bij het 25-jarig bestaan van de Voedingsorganisatie T.N.O.', 326.
- 44 D. Mossel en F. Nelemans, 'De toevoeging van chemische verbindingen zonder voedingswaarde aan levensmiddelen, gezien van het standpunt der volksgezondheid', in: *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* 98 (1954), 2577-2588.
- 45 Daarnaast onderscheidde hij nog een categorie 'diversen'.
- 46 Mossel en Nelemans, 'De toevoeging van chemische verbindingen zonder voedingswaarde', 2586.
- 47 'Brief van E.J. Meis, secretaris van de VO TNO aan H.B. Peteri van Unilever NV te Rotterdam, d.d. 17-12-1963', in: Nationaal Archief (verder NA) Archief van de Voedingsorganisatie TNO, 1940-1980, inv. no. 80.
- 48 'Brief van Julius aan de directie van het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid, d.d. 30-7-1963', in: NA, Archief van de Voedingsorganisatie TNO, 1940-1980, inv. no. 80. Een slordige administratie van zijn onderzoek was overigens niet de enige zwakke kant van Kligman. Later bleek hij in de Verenigde Staten onder vuur te liggen omdat hij voor het testen van producten (zowel in opdracht van defensie in het kader van chemische oorlogvoering (in Vietnam) en ook voor commerciële huidproducten in opdracht van bedrijven als Dow en Johnsson and Johnsson) gebruik maakte van gevangenen in de Holmesburg-gevangenis. Kligman zou hierbij ethische grenzen hebben overschreden, wat hem in 1966 een (tijdelijk) verbod door de Amerikaanse Food and Drug Administration op het testen op mensen opleverde. 'U. Involved in chemical tests on prisoners', in: *The Daily Pennsylvanian*, d.d. 19-5-1995; zie ook: A.M. Hornblum, *Acres of skin. Human experiments at Holmesburg Prison. A true story of abuse and exploitation in the name of medical science* (New York 1998).
- 49 Daarbij werkte de Voedingsorganisatie TNO samen met de Dermatologische Kliniek in Utrecht.
- 50 Voor de informatie over Philips Duphar: zie de correspondentie hierover in: NA, Archief van de Voedingsorganisatie TNO, 1940-1980, inv. no. 37.
- 51 'Brief van M. van Eekelen aan de directie van de Kon. Ned. Gist- en Spiritusfabriek, d.d. 10-7-1964', in: NA, Archief van de Voedingsorganisatie TNO, 1940-1980, inv. no. 80.
- 52 Brief van M. van Eekelen aan de directie van de Kon. Ned. Gist- en Spiritusfabriek, d.d. 10-7-1964, in: NA, Archief van de Voedingsorganisatie TNO, 1940-1980, inv. no. 80.
- 53 Interview prof. V. Feron, d.d. 1-6-2011.
- 54 Zie bijv.: A. de Groot, H. Til en V. Feron, 'Safety evaluation of yeast grown on hydrocarbons', in: *Food and Cosmetics Toxicology*, verder als: *Fd. Cosmet. Toxicol.* 8 (1970); A. de Groot, H. Dreef-Van der Meulen, H. Til en V. Feron, 'Safety evaluation of yeast grown on hydrocarbons', in: *Fd. Cosmet. Toxicol.* 13 (1975), 619-627.
- 55 H.P. Til, *Toxicologisch onderzoek naar de werking van sulfiet bij ratten, varkens en kwartels* (Proefschrift Utrecht 1970), 11-13.
- 56 Andere TNO-publicaties op dit gebied waren bijvoorbeeld H. Til, V. Feron en A. de Groot, 'The Toxicity of Sulphite. I. Long-term Feeding and Multigeneration Studies in Rats', in: *Fd. Cosmet. Toxicol.* 10 (1972), 291-310; V. Feron en P. Wensvoort, 'Gastric lesions in rats after the feeding of sulphite', in: *Path. Europ.* 7 (1972), no. 2, 103-111.
- 57 Til, *Toxicologisch onderzoek naar de werking van sulfiet*, 117.
- 58 D. Leegwater, 'Preliminary study on the *in vitro* digestion of a number of chemically modified starches' [Ongepubliceerd CIVO-TNO rapport no. R. 3431] (1971); A. de Groot, 'Comparison of intestinal effects in rats induced by feeding either a chemically modified starch or lactose' [Ongepubliceerd CIVO-TNO rapport no. R. 3436] (1971); D. Leegwater en J. Luten, 'A study on the *in vitro* digestibility of hydroxypropyl starches by pancreatin', in: *Stärke* 23 (1971), 430.
- 59 L. Filer, 'Modified food starches for use in infant foods', in: *Nutrition Reviews* 29 (1971), 55-59.
- 60 A. de Groot, e.a., 'Two-year feeding and multigeneration studies in rats on five chemically modified starches', in: *Fd. Cosmet. Toxicol.* 12 (1974), 651-663; D. Leegwater e.a., 'On the aetiology of caecal enlargement of rats on diets with chemically modified starches', in: *Fd. Cosmet. Toxicol.* 12 (1974), 687-697.

- 61 E. Sinkeldam e.a., 'Interactions between dietary fat and fiber in relation to colon cancer: experimental studies in the rat', in: T. Taylor en N. Jenkins, *Proceedings of the XIIIth International Congress of Nutrition* (1985), 570-572; W. van Dokkum e.a., 'Physiological effects of fiber-rich types of bread', in: *British Journal of Nutrition* 47 (1982), 451-460 en 50 (1985), 61-74; H. Til e.a., 'Chronic (89-week) feeding study with hydroxypropyl distarch phosphate, starch acetate, lactose and sodium alginate in mice', in: *Fd. Cosmet. Toxicol.* 24 (1986), 825-834.
- 62 D. Leegwater e.a. (red.), *Low digestibility carbonhydrates. Proceedings of a workshop held at the TNO-CIVO Institutes, Zeist, the Netherlands, 27-28 November 1986* (Wageningen 1987).
- 63 V. Feron, e.a., 'Lifespan oral toxicity study of vinyl chloride in rats', in: *Fd. Cosmet. Toxicol.* 19 (1981), 317-333.
- 64 Zie bijv. B. Spit e.a., 'Ultrastructure of Hepatic Angiosarcoma in rats induced by vinyl chloride', in: *Experimental and molecular pathology* 35 (1981), 277-284.
- 65 'A Scientific Basis for the Risk Assessment of Vinyl Chloride' [Developed jointly by the members of the Committee on the Evaluation of Carcinogenic Substances, National Health Council of the Netherlands], in: *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 7 (1987), 120-127; zie ook H. Til e.a., 'Lifetime (149-week) oral carcinogenicity study of vinyl chloride in rats', in: *Fd. Cosmet. Toxicol.* 29 (1991), 713-718.
- 66 V. Feron, *Experimenteel longkankeronderzoek bij Syrische goudhamsters. Waarnemingen met de carcinogenen benzo(a)pyreen en diethylnitrosamine en met acetaldehyde, een hoofdbestanddeel van sigaretterook* [Proefschrift Leiden 1975].
- 67 Zie bijvoorbeeld: V. Feron e.a., 'Glass fibres and vapor phase components of cigarette smoke as cofactors in experimental respiratory tract carcinogenesis', in: *Carcinogenesis* 8 (1985), 93-118.
- 68 V. Feron e.a., 'Nasal tumours in rats after short-term exposure to a cytotoxic concentration of formaldehyde', in: *Cancer Letters* 39 (1988), 101-111; L. Appelman e.a., 'One-year Inhalation Toxicity Study of Formaldehyde in male rats with a damaged or undamaged nasal mucosa', in: *Journal of applied toxicology* 8 (1988), no. 2, 85-90.
- 69 Zie bijvoorbeeld IARC Monograph on Formaldehyde vol. 88 - te vinden via: <http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Risk/formaldehyde#r2> (geraadpleegd, 22 juni 2011).
- 70 P. Reuzel e.a., 'Chronic inhalation toxicity and carcinogenicity study of methyl bromide in Wistar Rats', in: *Fd. Chem. Toxic.* 29 (1991), 31-39.
- 71 H. Hage, 'Arbeidstoxicologie: een veld waarover marginaal informatie beschikbaar is', in: *Toegepaste Wetenschap* (febr. 1992), 11-15.
- 72 Interview prof. V. Feron, d.d. 1-6-2011; J. Arts, 'Faciliteiten inhalatietoxicologie gerenoveerd', in: *Toegepaste Wetenschap* (dec. 1996).
- 73 Een voorbeeld van een door UTOX (Utrecht Toxicology Center) medegefinancierd proefschrift: A. Oomen, *Determinants of oral bio-availability of soil-borne determinants* (Proefschrift Utrecht 2000).
- 74 Zie: http://www.rivm.nl/milieuportal/nieuws/Samenwerking_RIVM_en_TNO_inzake_chemische_stoffen.jsp (geraadpleegd, d.d. 23-6-2011).
- 75 Konsumenten Kontakt had sterke banden met de vakbeweging (FNV en CNV), de Nederlandse Vereniging van Huisvrouwen, de VARA en de Nederlandse Gezinsraad. Op de 11e Internationale TNO Conferentie (februari 1978) had een van de sprekers, de toenmalige voorzitter van de FNV Wim Kok, in zijn speech de nauwe relatie benadrukt tussen de belangen van de vakbond en de consumentenbelangen; L. Dommering-van Rongen, 'The role of the Dutch Trade Union Movement in Consumer Policy', in: *Journal of Consumer Policy* 9 (1980), 59-64.
- 76 'Samenvatting van het gesprek met Konsumenten Kontakt, op vrijdag 22 juni 1979 in het CIVO-TNO te Zeist', in: NA, Archief van de Voedingsorganisatie TNO, 1940-1980, inv. no. 80.
- 77 'Samenvatting van het gesprek met Konsumenten Kontakt, op vrijdag 22 juni 1979 in het CIVO-TNO te Zeist'.
- 78 'Samenvatting van het gesprek met Konsumenten Kontakt, op vrijdag 22 juni 1979 in het CIVO-TNO te Zeist'.
- 79 *Jaarverslag TNO-VO* (1980), 11.
- 80 A.H. van Otterloo, 'Ingrediënten, toevoegingen en transformatie: heil en onheil', in: J.W. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2000), deel III, 297.
- 81 De beschrijving van de houding van TNO in het maatschappelijk debat over voedselveiligheid vanaf begin jaren zeventig kwam mede tot stand op basis van een interview met, en informatieverstrekking door V.J. Feron, voormalig toxicoloog bij TNO.
- 82 J. Groten e.a., 'Toxicology of chemical mixtures: a challenging quest along empirical sciences', in: *Environmental Toxicology and Pharmacology* 18 (2004), 185-192.
- 83 Zie hierover ook: D. Jonker, *Mixture toxicity. Empirical studies with defined chemical mixtures in rats* (Proefschrift Universiteit Utrecht 2003).
- 84 Groten e.a., 'Toxicology of chemical mixtures', 185-192.
- 85 F. Cassee, *Upper respiratory tract toxicity of mixtures of aldehydes. In vivo and in vitro studies* (Proefschrift Universiteit Utrecht 1995).
- 86 Zie bijvoorbeeld R.S.H. Yang, 'Some current approaches for studying combination toxicology in chemical mixtures', in: *Food and Chemical Toxicology* 34 (1996), 1037-1044. Dit volume van het tijdschrift was geheel aan de conferentie in Nederland (Veldhoven) gewijd.
- 87 R. Woutersen, *De mens als proefdier. Inaugurale rede bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar Translationele Toxicologie* (Wageningen 2009), 5.
- 88 Woutersen, *De mens als proefdier*, 8.
- 89 M. Dendermonde (red.), *Samen leven met het leven* (z.pl. z.j.) [Den Haag 1966].
- 90 Geciteerd in: J.W. Tesch, 'Tien jaar Gezondheidsorganisatie T.N.O.. Terugblik en oriëntatie', in: *TNO-Nieuws* (1960), 511.
- 91 J. Le Fanu, *The rise and fall of modern medicine* (Londen 2000, [eerste publicatie in 1999]), xvii.

- 92 'Nota inzake de instelling van een bijzondere organisatie voor de Volksgezondheid in TNO verband' (van de Organisatiecommissie Gezondheidstechniek TNO aan de Centrale Organisatie TNO, aug. 1946), in: NA, Archief van de Organisatiecommissie Gezondheidstechniek TNO [2.14.36.09], inv. no. 5; Dendermonde, *Samen leven met het leven*, 56-59.
- 93 In de zomer van 1946 konden de eerste ideeën voor een Bijzondere Organisatie voor de Volksgezondheid in TNO-verband worden aangeboden aan de Centrale Organisatie. Ter voorbereiding hiervoor waren W. Krul, directeur van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening en voorzitter van de Organisatiecommissie Gezondheidstechniek, en J. Bijl, directeur van het Instituut voor Preventieve Geneeskunde en lid van de Organisatiecommissie, in Engeland gaan kijken hoe daar de samenwerking tussen medici en technici was georganiseerd. *Verslag over de jaren 1945 en 1946 van de Organisatiecommissie Gezondheidstechniek TNO*, 9.
- 94 Koninklijk Besluit, 13 juni 1949, no. 11.
- 95 Zie onder andere: *Verslag over de jaren 1945 en 1946 van de Organisatiecommissie Gezondheidstechniek TNO*. Ook waren hoogleraren van de Technische Hogeschool Delft (tegenwoordig TU Delft) én de directie van het Instituut voor Preventieve Geneeskunde in nagenoeg alle werkgroepen vertegenwoordigd.
- 96 *Verslag van de Gezondheidsorganisatie T.N.O. over het jaar 1950*, 7. Ook had het bestuur een vertegenwoordiger van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, de Hoofdinspectie van de Volksgezondheid, het Prophylaxefonds en het Pharmaco-Therapeutisch Instituut. Verder waren er gedelegeerden van de ministeries van Sociale Zaken en van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen.
- 97 *Waardering van medische gegevens uit ziekenhuizen*, (Assen 1958) [Publicaties van de Gezondheidsorganisatie TNO, no. 1. serie A, Algemene Onderwerpen], 4-7.
- 98 *Waardering van medische gegevens uit ziekenhuizen*, 36.
- 99 *Waardering van medische gegevens uit ziekenhuizen*.
- 100 D. Hoogendoorn, 'Ziekenhuizen, specialisten en medische registratie', in: *Medisch Contact* (1959), no. 2, 17.
- 101 *Verslag van de Afdeling Gezondheidstechniek TNO* (verder: *Jaarverslag AG*) over het jaar 1951, 6.
- 102 Geciteerd in: Dendermonde, *Samen leven met het leven*, 23.
- 103 Zie hierover bijv. A. de Knecht-van Eekelen, D.W. van Bekkum, '60 jaar pionieren in de medische biologie', in: *Bi-logical* 3 (2011), no. 2, 22-28.
- 104 Dendermonde, *Samen leven met het leven*, 40-43.
- 105 *Jaarverslag van de Gezondheidsorganisatie TNO* (verder: *Jaarverslag GO TNO*), 1960, 132.
- 106 Dendermonde, *Samen leven met het leven*, 33.
- 107 C.D. de Langen, 'Het probleem van de steeds wassende stroom van moderne geneesmiddelen', in: *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* (verder: *NTvG*) 98 (1954), 334-338.
- 108 De Langen, 'Het probleem', 334.
- 109 Zie bijv. *TNO-Nieuws*, nov. 1964 (met advertenties van o.a. *Hoechst-Holland NV*, *Minerva-chemie*, *Merck*, *Sharp & Dohme Nederland NV*, *Roter, J.R. Geigy AG*, *Propharma NV*, *Farmabo NV*).
- 110 Artsen konden bij de Adviescommissie Klinisch Geneesmiddelenonderzoek TNO terecht voor een klinische waardebeoordeling van een medicijn. Als er vragen waren over de samenstelling, de zuiverheid en de farmacologische werking ervan, dienden zij zich echter tot het Rijks Instituut voor Pharmaco Therapeutisch Onderzoek (RIPTO) in Leiden te richten.
- 111 Voor citaat zie: De Langen, 'Het probleem', 337. TNO had een eigen rubriek in het *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*. Zie onder andere *NTvG* 100 (1956), 2312 en *NTvG* 101 (1957), 2347.
- 112 *Jaarverslag GO* (1961), 69.
- 113 A. de Knecht-Van Eekelen, 'Geschiedenis van het genezen; de behandeling van tuberculose in Nederland rond 1900', in: *NTvG* 140 (1996), 2195-2199.
- 114 Bij de oprichting hiervan was ook de Koninklijke Nederlandse Centrale Vereniging tot Bestrijding der Tuberculose betrokken.
- 115 Zie voor het navolgende een fraaie analyse van de ontwikkeling van de echografie in Nederland door E.S. Houwaart en S. Kruisinga, 'De echografie in Nederland: de eerste vijftien jaar', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2001), Deel IV, 251-271.
- 116 Zie voor deze paragraaf: D. Edeler, *De drinkwaterfluoridering. Tandartsen, staat en volksgezondheid in Nederland, 1946-1976* (proefschrift Universiteit van Amsterdam, 2009).
- 117 Geciteerd uit: Edeler, *De drinkwaterfluoridering*, 126. Oorspronkelijk citaat uit: O. Backer Dirks, 'Resultaten van de kunstmatige waterfluoridering in Nederland', in: *Ledencongres 1960. Cariës preventie door fluoriden. Nederlands Tandartsenblad* 15 (1960), 43.
- 118 Geciteerd uit: Edeler, *De drinkwaterfluoridering*, 215. Oorspronkelijk citaat uit: *Haarlems Dagblad*, 2 november 1968.
- 119 Geciteerd uit: Edeler, *De drinkwaterfluoridering*, 218. Oorspronkelijk citaat uit: *Interview III van D. Edeler met Lenie Bauer*, 5 april 2005, winkel, 3.
- 120 Dendermonde, *Samen leven met het leven* (Gezondheidsorganisatie TNO 1966), 103.
- 121 N.A. Pikaar, *De bepaling van de vetzuren in bloedserum. The determination of the fatty acids in blood serum* (Proefschrift Universiteit Utrecht 1957).
- 122 Dat werd toen vooral van waarde geacht voor zuigelingenonderzoek.
- 123 T. van Helvoort, *Gesmeerde kennis. Een halve eeuw geschiedenis van Unilevers BeceI* [te verschijnen].
- 124 J.J. Groen, 'Atherosclerose en coronaire hartziekten, de tegenwoordige stand van onze kennis van oorzaken en wegen ter preventie', in: *Voeding* 26 (1965), no. 6, p. 364.
- 125 *TNO Jaarverslag 1955*, 320-321. De Adviescommissie Atherosclerose bestond bij de oprichting uit: prof. dr. J.F. Böttcher, prof.dr. R. Brinkman; dr. C.G.J.M. Engel, dr. J. Groen, dr. G.A. Overbeek, prof.dr. H.J.G. Wijers en dr. R.J. van Zonneveld. De voorzitter en de secretaris van de Gezondheidsorganisatie TNO bekleedden het voorzitterschap en het secretariaat van de Adviescommissie.

- 126 De term 'a Dutch dynasty' gebruikt Henry Blackburn; H. Blackburn, *Preventing Heart Attack and Stroke. A History of Cardiovascular Disease Epidemiology* (z.pl. 2007), zie: <http://www.epi.umn/cvdepi/index.html>, p. 74. [geraadpleegd op 14-12-2010].
- 127 'De Langen's work is historically significant in the development of CVD [cardiovascular disease, auteur] epidemiology not only for its priority, scope and use of several methodologies, but because its legacy can be traced in a direct line to the Dutch colleagues with whom he corresponded regularly ... They, in turn, studied other contrasting populations and communicated their findings widely, influentially, and in English.' Blackburn, *Preventing Heart Attack and Stroke*, 74.
- 128 J. Groen, C. Kamminga, J. Reissel en A. Willebrands, 'Het cholesterolgehalte in het bloedserum van Joodse en niet-Joodse normale bloedgevers', in: *NTvG*, 94 (1950), 728.
- 129 J. Groen en L. Koekenheim, 'De sterfte aan chronische hart-, vaat- en nierziekten in Nederland (1903-1940)', in: *NTvG*, 94 (1950), 3033.
- 130 J. Groen en R.M. van der Heide, *Atherosclerose en coronairthrombose. Oorzaken en ontstaanswijzen* (Rotterdam 1956).
- 131 Groen en Van der Heide, *Atherosclerose*, 18, 86. Geciteerd in: A. de Knecht-van Eekelen, 'Het denken over vetten en cholesterol in de twintigste eeuw', in: A.P. den Hartog (red.), *De voeding van Nederland in de twintigste eeuw* (Wageningen 2001), 61.
- 132 'Circulaire van mej. A.E. Winkel, secretaris van de Gezondheidsorganisatie TNO, aan de leden van de Voedingsraad, d.d. 29-8-1958', in: NA, Archief van de Gezondheidsorganisatie TNO, 1948-1980 (in het vervolg NA, Archief TNO-GO), inv. no. 110.
- 133 Van Helvoort, *Gesmeerde kennis ...*
- 134 'Brief van drs. H.J. Thomasson van het Unilever Research Laboratorium te Vlaardingen aan mej. A.E. Winkel, secretaris van de Gezondheidsorganisatie TNO, d.d. 14-4-1958', in: NA, Archief TNO-GO, inv. no. 110.
- 135 'Brief van Thomasson aan Winkel, d.d. 4-7-1958', in: NA, Archief TNO-GO, inv. no. 110.
- 136 C. Böttcher, J. Keppler, C. ter Haar Romeny-Wachter, E. Boelsma-Van Houste en C. van Gent, 'Analysis of lipids of the arterial wall', in: *The Lancet* (6 dec. 1958), 1207-1209. Vanuit Vlaardingen was J. Keppler bij het onderzoek betrokken. Onder het artikel stond: 'These investigations have been made with the support of the Dutch National Health Organisation T.N.O. (sic!). We are indebted to the personnel of the Laboratory of Pathological Anatomy at Leiden for aid in assembling the necropsy material. With pleasure we acknowledge the cooperation of members of the staff of the Unilever Research Laboratory at Vlaardingen ... and of the Laboratory for Physical Chemistry at Leiden ...'
- 137 J. Groen e.a., 'De invloed van voeding en levenswijzen op de lichamelijke toestand, het serumcholesterolgehalte en het voorkomen van atherosclerose en coronaria-trombose bij Trappisten en Benedictijnen', in: *NTvG* 105 (1961), 222-223.
- 138 J. Groen a.o., 'The influence of nutrition and ways of life on blood cholesterol and the prevalence of hypertension and coronary heart disease among Trappist and Benedictine monks', in: *American Journal of Clinical Nutrition* 10 (1962), 456-470.
- 139 J. Groen e.a., 'De invloed van voeding en levenswijzen', 222.
- 140 M. van Daal en A. de Knecht-Van Eekelen, *Joannes Juda Groen (1903-1990). Een arts op zoek naar het ware welzijn* (Rotterdam 1994), 145-146.
- 141 M. van Eekelen, 'Atherosclerose en voeding', in: *TNO Nieuws* (1961), 555-556.
- 142 *Jaarverslag TNO-GO 1969*, 9.
- 143 *Jaarverslag TNO-GO 1969*, 9. Ook werd onderzocht waar vette afzettingen op de aortawand bij voorkeur plaatsvonden.
- 144 P. Brakman en C. Klufft, 'Preface. Twenty-five years of the Gaubius Institute', in: *Annals of the New York Academy of Sciences* (1992), vol. 667, xi-xii; *NTvG* 135 (1991), no. 17, 779.
- 145 J. van der Hoorn, 'Niacin increases HDL by reducing hepatic expression and plasma levels of cholesteryl esters transfer protein in APO*3Leiden CETP mice', in: *Arteriosclerosis, thrombosis and vascular biology* 28 (2008), 2016-2022.
- 146 J.W. Tesch, 'Uit de geschiedenis van de Gezondheidsorganisatie TNO. Groei en stabilisatie?', in: *TNO Project. Tijdschrift voor toegepaste wetenschappen* 3 (1975), vol. 5, 184-185.
- 147 'Lezing van prof. dr. A. Querido, getiteld "Prospects of medical research in the Netherlands" [dec. 1966]', in: NA, Archief TNO-GO [2.14.36.06], inv. no. 559.
- 148 'Interne memo van prof. Dr. D.W. van Bekkum, gericht aan de plv. voorzitter van de Gezondheidsorganisatie TNO, d.d. 25 aug. 1970', in: NA, Archief TNO-GO [2.14.36.06], inv. no. 274. Van Bekkum verwachtte dat een belangrijk deel van de medische research van de universiteiten naar 'andere centra (nationale instituten)' verplaatst ging worden. Mede vanwege geldgebrek voor modern fysisch onderzoek in Nederland constateerde hij bovendien een verschuiving in de onderzoeksbelangstelling van fysici van pure fysica naar medische biologie. Ook nam hij een verschuiving in de prioriteit van de overheidsinvesteringen voor research waar. Er was een duidelijke afname zichtbaar in de bereidheid om in defensieonderzoek te investeren en een duidelijke toename in de aandacht voor milieuresearch.
- 149 'Interne memo van prof. Dr. D.W. van Bekkum'. Ook was het voor hem onbegrijpelijk dat de Raad voor Gezondheidsresearch TNO, die eind jaren zestig was voorbereid en in 1970 was ingesteld, nog niet bij elkaar was gekomen. Bij de oprichting waren vier ministeries, de KNAW en de Centrale Organisatie TNO betrokken.
- 150 *Jaarverslag TNO-Gezondheidsorganisatie* (1970), 8.
- 151 De grote instituten voor gezondheidsonderzoek in Nederland moesten in dat jaar fors bezuinigen. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) begrootte een tekort van 1,2 miljoen gulden, het Radiobiologisch Instituut 2 miljoen gulden en het Nederlands Instituut voor Preventieve Gezondheidszorg een kleine miljoen. Door bezuinigingsmaatregelen kon het gezamenlijk tekort van deze

- instituten tot 2,6 miljoen gulden worden teruggebracht, maar dit was niet zonder slag of stoot gegaan: 'Het aantal arbeidsplaatsen is teruggelopen, veel onderzoekers moeten werken onder (te) zware belasting, de rek is er volledig uit en dat geldt nauwelijks in mindere mate voor de kleinere instituten, waarin weliswaar de ingrepen minder groot waren maar elke ingreep ook zwaarder werd gevoeld.' *Jaarverslag TNO-GO* (1979), 58.
- 152 *Jaarverslag TNO-GO* (1977), 66.
- 153 *Jaarverslag TNO-GO* (1976), 51. Er stond letterlijk: 'Een ongunstige, vaste verhouding tussen de middelen voor basisonderzoek en de middelen die worden verkregen uit opdrachten kan voor research op het gebied van de gezondheid een structurele financiële achterstand betekenen.'
- 154 *Jaarverslag TNO-GO* (1979), 58. Bijkomende zorg was dat door het 'verdunnen van de onderzoeksstroom uit de basissubsidie ... het explorerend onderzoek in zijn doelmatigheid [wordt] aangetast'. Voldoende en hoogwaardig verkennend onderzoek werd als een absolute voorwaarde gezien voor het succesvol werven van opdrachten van derden. Het geleidelijk aan verminderen van het verkennend onderzoek zette een neergaande spiraal in werking, doordat als consequentie hiervan ook het opdrachtonderzoek zou afnemen. Daarnaast werd gesteld dat opdrachten die vanuit het rijk aan de Gezondheidsorganisatie TNO werden verstrekt, niet altijd kostendekkend waren en dat de organisatie door de bestaande financieringsstructuur moeite had te concurreren met het universitair onderzoek.
- 155 *Jaarverslag TNO-GO* (1980), 4.
- 156 *Jaarverslag TNO-GO* (1980), 4-5.
- 157 *Jaarverslag TNO-GO* (1980), 3.
- 158 'Brief van de Staatssecretaris van WVC aan de Tweede Kamer, d.d. 27-10-1993', in: *Handelingen der Staten-Generaal*, 1993-1994, 20423, nr. 11; zie ook *Jaarverslag TNO* (1992), 34; *Jaarverslag TNO* (1993), 9.
- 159 'Gezamenlijke brief van de ministers van VWS en OCW aan de Tweede Kamer, d.d. 11-12-1995', in: *Handelingen der Staten-Generaal*, 1995-1996, 20423, nr. 18.
- 160 'Gezamenlijke brief van de ministers van VWS en OCW aan de Tweede Kamer, d.d. 11-12-1995'.
- 161 'Brief van de Staatssecretaris van WVC aan de Tweede Kamer, d.d. 27-10-1993'; 'Brief van de minister van OCW aan de Tweede Kamer, d.d. 25-11-1994', in: *Handelingen der Staten-Generaal*, 1994-1995, 23900 VIII, nr. 50.
- 162 'Gezamenlijke brief van de ministers van VWS en OCW aan de Tweede Kamer, d.d. 11-12-1995'.
- 163 H. van Zon, *80 jaar RIVM* (Assen 1990), 179-181, 375-401.
- 164 *Jaarverslag TNO 1955*, 331.
- 165 *Jaarverslag TNO 1992*, 34.
- 166 *Jaarverslag TNO 1993*, 8.
- 167 *Jaarverslag TNO 1952*, 283.
- 168 *Jaarverslag TNO 1955*, 314.
- 169 'Officiële opening van het Laboratorium Experimentele Gerontologie TNO', in: *TNO Contact* (nov. 1968), 196-199.
- 170 'Oud of Out', in: *TNO Contact* (mei 1972), 82-83.
- 171 *Jaarverslag TNO 1982*, 35; *Jaarverslag TNO 1983*, 47.
- 172 *Jaarverslag TNO 1994*, 38.
- 173 'TNO-brede expertise voor "zilveren golf"', in: *Toegepaste Wetenschap* (augustus 1995), 23.
- 174 A. Beyen, 'Document moet leiden tot veilige producten voor ouderen', in: *Toegepaste Wetenschap* (augustus 1996), 30-31.
- 175 H. Kemper, W. Ooijendijk en M. Stiggelbout, 'Nederlandse Gezond Beweeg Norm', in: *Tijdschrift voor Sociale Gezondheidszorg* 78 (2000), 180-183; V. Hildebrandt, W. Ooijendijk en M. Hopman-Rock, *Trendrapport Beweging en Gezondheid 2006-2007* (Leiden 2008) [TNO-rapport].
- 176 M. Hopman-Rock, *In beweging blijven!. Bewegen is preventie en zorg voor ouderen* [inaugurele rede VUMC, 16 april 2009].
- 177 *Jaarverslag TNO 1995*, 28; 'TNO-onderzoek voor ons van commercieel belang' [interview met directeur marketing M.van Ham van Danone], in: *Toegepaste Wetenschap*, april 1996, 12-13.
- 178 *Jaarverslag TNO 1994*, 27.
- 179 *Jaarverslag TNO 1995*, 32.
- 180 *Toegepaste Wetenschap* (oktober 1995), 2.
- 181 E.S. Houwaart, 'Van medisch instrument naar medisch-technologisch systeem', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2001), Deel IV, 155-157.

NOTEN BIJ DEEL III

- 1 Tot 1965 geeft de Rijksverdedigingsorganisatie TNO in het algemene jaarverslag van TNO slechts summiere informatie over de werkzaamheden van haar laboratoria. Tussen 1965 en 1980 publiceert zij aparte, openbare jaarverslagen. In deze periode zijn er min of meer aparte en uitvoerige verslagen over de werkzaamheden van de laboratoria van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Na 1981 wordt er over het defensieonderzoek weer gerapporteerd in de algemene jaarverslagen van TNO. Tot 1990 nog in redelijke mate, daarna summier.
- 2 Het Scheikundig Laboratorium bestond sinds 1838 en was aanvankelijk in Delft gevestigd. De werkplaatsen verhuisden in 1895 naar het industrieterrein Hembrug bij Zaandam. In 1900 kreeg het de naam Scheikundig Laboratorium der Artillerie-Inrichtingen (AI). Vanaf 1880 verrichtte de kleine staf ook wetenschappelijk onderzoek, in hoofdzaak aan explosieven. Zie: J. Pasman, '150 jaar technologische research', in: Th.M. Groothuizen (red.), *Prins Maurits Laboratorium TNO. Veelzijdig en dynamisch* (Rijswijk 1988), 11-13; H. Roozenbeek, J. van Woensel, *De geest in de fles* (Amsterdam 2010), 25-58, 111-131. Zie ook hoofdstuk 16.
- 3 J.L. van Soest e.a., 'Uit de geschiedenis van het Fysisch Laboratorium 1927-1948' (manuscript), 49-50; Archief TNO-Museum Waalsdorp (Den Haag); Website IMDb over Lev Kuleshov (de regisseur van Luch Smerti): www.imdb.com ; IJ. Boxma, 'Prof. dr. J.L. van Soest, voordracht 1 nov. 2006', Archief TNO-Museum Waalsdorp.
- 4 Tijdens de Duitse bezetting kwam het normale werk van de drie laboratoria stil te liggen. Het Fysisch Laboratorium (eerder bekend als het Meetgebouw) werd bij de PTT ondergebracht en voerde onderzoek uit naar radioverbindingen. Het Scheikundig Laboratorium van de AI, dat in 1939 van Zaandam naar Delft was terugverhuisd, kreeg een plaats in de TNO-organisatie en deed als Laboratorium Poortlandlaan landbouwkundig onderzoek. Het Centraal Laboratorium, dat amper met zijn werkzaamheden was begonnen, ging als gezegd een slapend bestaan leiden. Enkele medewerkers van verschillende laboratoria wisten in de meidagen met informatie, tekeningen en dergelijke naar Engeland te ontkomen om daar hun onderzoek voort te zetten. J. Jonker, *Van RVO tot HDO. 40 jaar Defensieonderzoek TNO* (Den Haag 1987), 11-17.
- 5 Ook kende ieder krijgsmachtonderdeel een wetenschappelijk bureau, dat over onderzoeksfaciliteiten beschikte.
- 6 J. Sizoo, 'TNO ten dienste van de Rijksverdediging', in: *Een kwart eeuw TNO* (Den Haag 1957), 104.
- 7 Vóór 1958 is er sprake van een minister van Oorlog of van een minister van Oorlog en van Marine, nadien van een minister van Defensie.
- 8 C. Staf, 'De Defensie over TNO', in: *Een kwart eeuw TNO* (Den Haag 1957), 73. Preciezer: C. Staf was minister van Oorlog en van Marine.
- 9 Sizoo, 'TNO ten dienste van de Rijksverdediging', 104-105. Staf, 'De Defensie over TNO', 73-75.
- 10 *Jaarverslag TNO* (1950), 216.
- 11 Preciezer: 1947 Fysisch Laboratorium van het departement van Oorlog wordt Fysisch Laboratorium RVO-TNO.
- 12 Een tussenstap was nog dat het LEOK in 1979 werd opgenomen in de Rijksverdedigingsorganisatie TNO.
- 13 Preciezer: 1948 Centraal Laboratorium wordt Chemisch Laboratorium RVO-TNO en Scheikundig Laboratorium der Artillerie-Inrichtingen wordt Technologisch Laboratorium RVO-TNO.
- 14 *Vijftig jaar mensenwerk* (Soesterberg 1998). Zie ook: W.I. Smith, P. van Wezenberg (eindred.), *Effectieve defensie is een kwestie van vooruitzien. 50 jaar defensieonderzoek in TNO* (z.pl. 1997), 52-60.
- 15 Jonker, *Van RVO tot HDO*, 59-62.
- 16 H. Lintsen en H. Schippers (red.), *Gedreven door nieuwsgierigheid. Een selectie uit 50 jaar TU/e-onderzoek* (Eindhoven 2006), 184-185.
- 17 Jonker, *Van RVO tot HDO*, 59-62. Zie ook: *Een duik in het verleden van het Medisch Biologisch Laboratorium, Radiobiologisch Instituut en Primatencentrum TNO. Terugblik op 1947 t/m 1993* (z.pl., z. jr.), 13.
- 18 Zie voor het onderzoek van het Chemisch Laboratorium TNO en het Technologisch Laboratorium TNO: Groothuizen, *Prins Maurits Laboratorium TNO*. 14-113 en Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 40-51.
- 19 Zie voor het onderzoek van het Technologisch Laboratorium TNO: Groothuizen, *Prins Maurits Laboratorium TNO*, 114-323 en Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 40-51.
- 20 P. van Wezenberg, (eindred.), *Defensie en TNO: een vitaal partnerschap. 60 jaar toegepast onderzoek* (z.pl. 2007), 10.
- 21 Zie onder andere: Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 28-39. De grote variëteit aan onderzoek van het Fysisch Laboratorium TNO kan op verschillende manieren worden ingedeeld. In de tekst worden enkele hoofdgebieden genoemd.
- 22 Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 52.
- 23 Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 17; zie de stellingen bij 'De rol van onderzoek in een effectieve Defensie'.
- 24 Zie www.rto.nato.int : History Defence Research Group (DRG), 1-5. Vanaf 1987 verscheen de *DRG Information Newsletter* en een jaar later kwam het eerste *DRG Handbook* uit, waarin procedures en resultaten werden beschreven.
- 25 Er is iets meer bekend over de activiteiten van het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO in de NAVO DRG. Zie: *Jaarverslagen Instituut voor Zintuigfysiologie TNO 1971-1987*, div. pag. In 1978 woonde het instituut panelbijeenkomsten bij van de DRG over bijvoorbeeld de *Defense Applications of Human and Bio-Medical Sciences*. Van enkele werkgroepen werd verder de opheffing bekend gemaakt. Andere, onder meer op het terrein van *Impulse Noise* en *Protective Clothing*, zetten hun werk voort. De samenwerking met het Duitse Forschungsinstitut für Anthropotechnik ging door in de vorm van het uitwisselen van gegevens en rapporten. Een Belgisch-Frans-Nederlandse werkgroep hield zich bezig met het eerder beschreven onderzoek naar de 'inrichting van de brug en overige operationele

ruimten' van onder meer een nieuwe type mijnveger.

In de jaren tachtig nam het instituut opnieuw deel aan panelgesprekken en bijeenkomsten van diverse Study Groups met als onderwerpen onder meer gehoorschade door zware wapens, beschermende kleding, fysiologische fitheid en de interactie tussen mens en computer. Ook het gezamenlijk onderzoek met het Duitse instituut ging verder, waarbij werd vermeld dat het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO dichterbij de gebruiker en opdrachtgever stond, terwijl het Forschungsinstitut für Anthropotechnik meer uitging van technologische mogelijkheden. Op deze manier was er sprake van een 'vruchtbare aanvulling'.

Het laatste verslag uit 1987 maakte wederom melding van deelname aan activiteiten in werkgroepen en panelbijeenkomsten. De onderwerpen daarbij waren onder meer de ontwikkeling van een testbatterij voor 'psychological fitness', het gebruik van kleur in computerdisplays en de interactie tussen mens en computer in systemen van commandovoering. In andere panels was er aandacht voor automatische spraakherkenning, ergonomie in de scheepsbouw en kosten-batenanalyses van trainingsprogramma's. Met een Britse onderzoeksgroep van de Royal Air Force werden testprogramma's uitgewisseld voor het meten van mentale belasting.

Technische Menskunde (TM) ontving in 1987 circa 90 buitenlandse bezoekers. Ongeveer 100 TM-medewerkers brachten bezoeken aan buitenlandse researchinstellingen. Als conclusie van de contacten werd vermeld dat TM door deelname aan deze activiteiten 'goed op de hoogte blijft van ontwikkelingen bij NAVO-partners en goede bekendheid aan het eigen onderzoek' kon geven.

- 26 In een boekje over het Chemisch Laboratorium RVO-TNO was al in 1947 sprake van een overeenkomst met Groot-Brittannië 'inzake militair-wetenschappelijke samenwerking'. Vanaf 1949 werden er regelmatig over en weer bezoeken afgelegd voor congressen en cursussen.

- 27 Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 22-25.

- 28 Aanvankelijk ging het om een Stuurgroep. In 1960 werd de naam gewijzigd in Nederlands Defensie Research Comité. In 1969 veranderden de bevoegdheden opnieuw, evenals de naam: Nederlands Defensie Research Coördinatie Comité.

- 29 Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 44 en Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 23.

- 30 N. de Groote, 'De PML bijdrage aan het Goalkeeper project', in: Groothuizen, *Prins Maurits Laboratorium TNO*, 223-230. Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 22.

- 31 Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 6.

- 32 Staf, 'De Defensie over TNO', 75 en Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 29.

- 33 *Jaarverslag TNO* 1955, 295.

- 34 Zie het voorwoord van H.J. Dirksen, voorzitter van de Raad voor het Defensieonderzoek TNO, in: *Onderzocht en toegepast* (z.pl. 1981). Dirksen is nog stilliger. De Rijksverdedigingsorganisatie zou helemaal geen bijdrage leveren aan wapensystemen. Die stelling is echter niet vol te houden. Zie het verdere betoog en met name ook hoofdstuk 18.

- 35 W. Turkenburg, 'De concrete wisselwerking tussen natuurkunde en militaire aangelegenheden', in: *Wetenschap & Samenleving* (mei 1980), 13-21.

- 36 Jonker, *Van RVO tot HDO, 75-79; Vijftig jaar mensenwerk*, 22, 23.

- 37 Jonker, *Van RVO tot HDO*, 74-76. Bij deze en andere onderzoeken was ook het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation (NPS, in 1980 met het Nederlands Maritiem Instituut gefuseerd tot MARIN) betrokken.

- 38 Zie onder andere: Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 62-68.

- 39 Jonker, *Van RVO tot HDO*, 81, 82.

- 40 Jonker, *Van RVO tot HDO*, 81, 83-85; *Jubileumuitgave TNO-Nieuws* (juni 1972), 327-343.

- 41 Zie voor de kritiek in de jaren zestig: J. Kennedy, *Nieuw Babylon in aanbouw* (Amsterdam 1995); voor de kritische wetenschappers: L. Molenaar, 'Wij kunnen het niet langer aan de politici overlaten; de geschiedenis van het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers' (Delft 1994).

- 42 Turkenburg, 'De concrete wisselwerking', 13-21. E. Boeker, 'Enkele kwantitatieve gegevens voor Nederland', in: *Wetenschap & Samenleving* (mei 1980), 27-29.

- 43 'Aanbevelingen aan het bestuur van de NNV en commentaren', in: *Wetenschap & Samenleving* (mei 1980), 30-36. Het blad had ook een reactie gevraagd aan enkele vooraanstaande Nederlandse natuurkundigen. Prof.dr. H.B.G. Casimir, hoofd van het bekende Natuurkundig Laboratorium van Philips, dat zelf ook betrokken was bij militair onderzoek, gaf een voorzichtig antwoord. Hij wees op het zogeheten *dual use*-aspect van veel onderzoek. Radar bijvoorbeeld was vanuit een militaire toepassing ontwikkeld, maar was nu onmisbaar bij lucht- en zeevaart. De transistor was niet ontworpen voor militair gebruik, maar dat bestond nu wel. Uitgesproken militaire research was volgens Casimir zeer beperkt. Vanwege de zeer grote gevaren die de militaire toepassing van natuurkundig onderzoek had, zag hij het rapport en de aanbevelingen als een bijdrage aan de discussie.

Het oordeel van prof.dr.ir. H.J. Dirksen, de voorzitter van RVO-TNO, was heel wat negatiever. De bevindingen uit het rapport waren volgens hem niet of nauwelijks gebaseerd op feiten, maar vooral op de ideologische opvattingen van de opstellers. De aanbevelingen wees hij af. Hij verwees daarbij naar het NAVO-verdrag van 1949, waarin sprake was van het handhaven van vrede en vrijheid en het bevorderen van welvaart en welzijn voor de verdragslanden.

- 44 *TNO-wet* (z.pl. 1986). TNO-publicatie met TNO-wet 1985, Memorie van Toelichting bij het wetsontwerp, het TNO-besluit 1986 en de Nota van Toelichting op het TNO-besluit.

- 45 *Herstructurering en verkleining: de krijgsmacht in een veranderde wereld* (Den Haag 1991); H. van Zwet, (eindred.), *Een andere wereld, een andere defensie* (Den Haag 1993); *Jaarverslag TNO-Defensieonderzoek* 1992, 1.

- 46 Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 12-13.

- 47 Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 24-25.

- 48 Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 14-15.

- 49 Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 42-43.
- 50 *TNO Strategisch Plan 2011-2014. Innoveren met impact.* (z.pl. 2010), 61-62.
- 51 *TNO Strategisch Plan 2011-2014*, 63-67.
- 52 Zie voor een overzicht van het verkennend onderzoek op dit terrein in de periode 2003-2006: A. Don e.a., *Thema Maatschappelijke veiligheid. Verkennend TNO-onderzoek: de highlights van 2003-2006* (Soesterberg 2007), TNO-rapport TNO-DV 2007 D121.
- 53 Interview met Leon Smit, TNO, Den Haag, 10 nov. 2010.
- 54 Interview met Gertjan Burghouts, TNO, Den Haag, 8 dec. 2010. G. Burghouts, 'Intelligente camera herkent gedragspatronen', in: *Security Management* (oktober 2010), 38-40.
- 55 Burghouts, 'Intelligente camera', 38-40.
- 56 *TNO Strategisch Plan 2011-2014*, 64-65.
- 57 *TNO Strategisch Plan 2011-2014*, 65.
- 58 Zie www.greatwardifferent.com : A.R. Hossack, *The First Gas Attack*; R. Harris, J. Paxman, *A Higher Form of Killing* (Londen 2002).
- 59 Pasman, '150 jaar technologische research'; Roozenbeek, Van Woensel, *De geest*, 25-58, 111-131.
- 60 Roozenbeek, Van Woensel, *De geest*, 111-142.
- 61 M. van Zelm, '40 jaar chemisch onderzoek in Nederland', in: Groothuizen, *Prins Maurits Laboratorium TNO 15-17*.
- 62 A. Barends, 'Detectie en bepaling van enkele toxische milieuverontreinigingen', in: *Jubileumuitgave TNO-Nieuws*, (juni 1972), 300-304.
- 63 Barends, 'Detectie en bepaling', 300-304.
- 64 W.F. Hoppen, *Het Chemisch Laboratorium RVO-TNO in de periode 1947-1957* (Rijswijk 1957), 25-43.
- 65 Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 74, 75; Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 28, 29.
- 66 Zie www.cbwinform.com : 'A Brief History of Chemical and Biological Weapons, 1 Ancient times to the 19th century'; J. Langenberg, *Chemische be- en ontwapening* (collegedictaat Techniek, Vrede en Veiligheid, Eindhoven 2011), 137-150.
- 67 H. Nietsch, 'Een leven lang in het gif', *Trouw* (13 maart 1993).
- 68 Zie www.opcw.org : OPCW Pays Tribute to Dr. A.J.J. Ooms (1925-1999), 27 april 2006; Nietsch, 'Een leven lang'.
- 69 Roozenbeek, Van Woensel, *De geest*, 287-316; Nietsch, 'Een leven lang'.
- 70 L. van der Ent, 'Wij zijn als gastland trots op TNO', interview jhr. mr. P. de Savornin Lohman, *TNO-Magazine* (december 2009).
- 71 *Vijftig jaar mensenwerk*, 15, 19-21; H. Schuffel, 'Onderzoek naar de brug van fregatten', in: Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 87-89.; A. Lazet, 'Ergonomisch onderzoek betreffende scheepsbruggen', in: A. van Meeteren en W.A. Wagenaar, *Onderzocht en toegepast* (z.pl. 1981), 63-76.
- 72 Schuffel, 'Onderzoek naar de brug', 88; Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 20-21.
- 73 A. Lazet, 'Technisch-menskundige factoren bij scheepsautomatisering', in: *Instituut voor Zintuigfysiologie*, (Soesterberg z.j.), 13-16; H.J. Leebeek, 'Ergonomie in een havenmond', in: *Jubileumnummer*, 254-259.
- 74 Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 52-57.
- 75 J.J. Vos, 'Kwaliteitsverbetering van de leeskaart bij de oogarts', *Instituut voor Zintuigfysiologie*, 45-48.
- 76 Vos, 'Kwaliteitsverbetering van de leeskaart', 47, 48. Zie ook: J.J. Vos, D. van Norren en J. Boogaard, 'Het testen van de gezichtscherpte', in: Van Meeteren en Wagenaar, *Onderzocht en toegepast*, 51-62.
- 77 R. Plomp en G.F. Smoorenburg, 'Het verstaan van spraak in lawaai als criterium voor slechthorendheid', in: Van Meeteren en Wagenaar, *Onderzocht en toegepast*, 89-98.
- 78 Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 58-59.
- 79 Zie www.tno.nl : website TNO, over bewegingsziekte en inzetbaarheid, geraadpleegd op 5 oktober 2011. Zie ook het informatieve artikel van M. Zijlmans, 'Ziek van reizen', in: *De Volkskrant*, 23 maart 2011.
- 80 Zijlmans, 'Ziek van reizen'.
- 81 'TNO betrokken bij drie experimenten van André Kuipers', *Persbericht TNO*, 13 april 2004.
- 82 Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 33.
- 83 *Vijftig jaar mensenwerk*, 16; Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 90.
- 84 P. van Wezenberg, 'De specialisten van TNO weten echt waarover ze het hebben' in: *TNO-Magazine*, maart 2008.
- 85 Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 40, 41.
- 86 Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 60.
- 87 *TNO Strategisch Plan 2011-2014*, 64-65.
- 88 *TNO Strategisch Plan 2011-2014*, 66-67.
- 89 Het overzicht dat in dit hoofdstuk over het fysisch en elektronisch defensieonderzoek is samengesteld, is gebaseerd op:
 - Van Soest e.a., *Physisch Laboratorium TNO, 1927-1977*, (Den Haag 1977).
 - Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 28-39.
 - Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 38.
 - *Jaarverslagen TNO 1981-1990*.
 - *Jaarverslagen Rijksverdedigingsorganisatie TNO 1965-1980*.
- 90 Van Soest e.a., *Physisch Laboratorium TNO, 1927-1977*, 104-118. Zie verder ook de andere bronnen van noot 89.
- 91 Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 24 en 30.
- 92 Van Soest e.a., *Physisch Laboratorium TNO, 1927-1977*, 93-103; 118-129, 152-167. Zie verder ook de andere bronnen van noot 89.
- 93 Van Soest e.a., *Physisch Laboratorium TNO, 1927-1977*, 152.

- 94 De overgang naar infrarood is echter niet duidelijk gedefinieerd.
- 95 Van Soest e.a., *Physisch Laboratorium TNO, 1927-1977*, 168-176. Zie verder ook de andere bronnen van noot 89.
- 96 Van Soest e.a., 'Uit de geschiedenis van het Fysisch Laboratorium', 168-176; Van Wezenberg, *Defensie en TNO*, 38. Smith, Van Wezenberg, *Effectieve defensie*, 33-34.
- 97 Van Soest e.a., *Physisch Laboratorium TNO, 1927-1977*, 130-141. Zie verder ook de andere bronnen van noot 89.
- 98 *Van oorschelp tot radar. Gedenkboek bij het 75-jarig jubileum van Hollandse Signaalapparaten* (z.pl. 1997), 10-12; Van Soest e.a., *Physisch Laboratorium TNO, 1927-1977*, 69-73.
- 99 Van Soest e.a., 'Uit de geschiedenis van het Fysisch Laboratorium', 50.
- 100 L.J. Klaver, 'In Search of Radar', in: F.O.J. Bremer, P. van Genderen (red.), *Radar Development in the Netherlands*, (Amsterdam 2004), 37-42.
- 101 Van Soest e.a., *Physisch Laboratorium TNO, 1927-1977*, 108-109.
- 102 *Van oorschelp tot radar*, 14-16.
- 103 G.H. Heebels, 'Radar Research at Physics Laboratory, LEOK and TNO-FEL after 1945', in: Bremer, Van Genderen, *Radar Development*, 81-93.
- 104 F.E. van Vliet, *Microwaves. When waves matter*, (Enschede 2009), 39p; H. Harbers, 'MMIC Technology', in: *TNO Knowledge for business*, 1, 2.
- 105 Heebels, 'Radar Research at the Physics Laboratory', 83-88. Zie: www.thalesgroup.com : APAR, Active Phased Array Radar.
- 106 Zie: www.marineschepen.nl , 27 nov. 2003: Eerste lancering LCF.
- 107 B. van Otterdijk e.a., *TNO Defence: radar* (ongepubliceerde scriptie Technische Universiteit Eindhoven, faculteit Elektrotechniek, 2011), 17-19.
- 108 Het aantal publicaties in het tijdschrift van IEEE is niet meer dan een indicatie. Weliswaar publiceert dit tijdschrift over radar, maar er zijn ook andere tijdschriften, die hier niet zijn onderzocht. Bovendien kan men zich afvragen wat de publicatiestrategie van de genoemde onderzoeksinstituten is en in hoeverre de instituten hun onderzoeksresultaten geheim houden. In ieder geval lijkt het aantal publicaties van het Amerikaanse Naval Research Laboratory (ongeveer 50) niet representatief voor de wetenschappelijke en technologische positie van de Verenigde Staten.
- 109 'Oprichting Platform Nederland Radarland', Persbericht van het Ministerie van Defensie DV/ PB/34, 28-05-2002.

NOTEN BIJ DE EPILOOG

- 1 *Wet van den 30sten October 1930, tot regeling van het toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek* (S. 416), hierna *TNO-wet 1930*, artikel 2. *Jaarverslag TNO over het jaar 1936*, 6-14. Tekst staat ook in: A. de Mooij, 'De organisatie van het toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek', in: *De Ingenieur* 52 (1937), nr. 9, T1-T9: T6.
De Mooij was de ontwerper van de TNO-wet van 1930, secretaris van TNO en de ontwerper van de organisatie van TNO; hij baseerde zich hierbij op het rapport van de commissie-Went en de TNO-wet van 1930.
- 2 *De Memorie van Toelichting* bij de TNO-wet van 1985, 4.2 Doelstellingen en taken, 30.
- 3 A. Versleijen (red.), *Dertig jaar publieke onderzoeksfinanciering 1975-2005. Historische trends, actuele discussies* (Den Haag 2007), 77.
- 4 Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT), *Kennis plaatsen. Onderzoeksinstituten in een veranderende omgeving* Advies 75 (Den Haag 2007), 38.
- 5 *Rapport der commissie, ingesteld bij beschikking van zijne excellentie, den minister van onderwijs, kunsten en wetenschappen en zijne excellentie, den minister van binnenlandsche zaken en landbouw, dd. 30 juni 1923* [hierna *Rapport commissie-Went*], 24 en 31.
- 6 De Bijzondere Organisaties konden juridisch handelen buiten de Centrale Organisatie om. Dat gold niet voor de TNO-instituten. De meeste TNO-instituten hadden geen rechtspersoonlijkheid. Een instituutdirecteur had hooguit een gedelegeerde bevoegdheid. Dat neemt niet weg dat vele instituten zelfstandig, als waren het rechtspersonen, handelden. Sommige TNO-instituten waren wel stichtingen en mochten de naam TNO dragen, zoals de Stichting Wasserij Instituut TNO. Zie ook noot 53 van hoofdstuk 2. Zie voor het navolgende de *Jaarverslagen* van de Centrale Organisatie TNO en de Bijzondere Organisaties TNO tot 1980. Met dank aan R. Arlman, voormalig medewerker TNO (email 9 januari 2012)
- 7 Andere voorbeelden zijn: het Instituut voor Visserijproducten TNO in IJmuiden (visserij en haven); het instituut voor Graan, Meel en Brood TNO in Wageningen bij de bakkerijopleiding (en de Landbouw Hogeschool Wageningen); het zetmeelonderzoek in Groningen (dicht bij de aardappelmeelfabrieken). Met dank aan R. Arlman, voormalig medewerker TNO (email 9 januari 2012)
- 8 *Jaarverslag Vezelinstituut TNO 1965*, 42.
- 9 *Jaarverslag Houtinstituut TNO 1963*, 8-22.
- 10 *Jaarverslag Voedingsorganisatie TNO 1968*, 51.
- 11 Soms kan er zelfs sprake van zijn dat een bedrijf exclusieve rechten krijgt op resultaten van collectief onderzoek voor een bepaald toepassingsgebied tegen een marktconforme vergoeding.
- 12 De academisch georiënteerde onderzoeksinstituten zijn ook te omschrijven als de para-universitaire instituten van NWO en KNAW. Het Waterloopkundig Laboratorium is opgegaan in het Groot Technologisch Instituut 'Deltares'. Het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation heet tegenwoordig Maritiem Research Instituut Nederland (MARIN). Tegenwoordig worden deze instituten ook wel de Grote Technologische Instituten (GTI's) genoemd.
- 13 Zie voor het navolgende: P. Baggen, *Vorming door wetenschap: universitair onderwijs in Nederland 1815-1960* (Delft 1998); J.C.C. Rupp, *Van oude en nieuwe universiteiten. De verdringing van Duitse door Amerikaanse invloeden op de wetenschapsbeoefening en het hoger onderwijs in Nederland, 1945-1995* (Den Haag 1997) en H.W. Lintsen en M. Teeselink, 'Historische breuklijnen', in: H.W. Lintsen en H. Schippers (red.) *Gedreven door nieuwsgierigheid: een selectie uit 50 jaar TU/e-onderzoek*. Eindhoven, 2006, 77-87.
- 14 Uit discussies blijkt dat het voor oud-TNO'ers moeilijk is om 'vrij speurwerk' als collectief onderzoek te interpreteren. Zij zien 'vrij speurwerk' nog steeds als verkennend onderzoek dat door de TNO-onderzoekers zelf werd geïnitieerd en uit de overheidssubsidie werd betaald.
- 15 Zie *De Memorie van Toelichting* bij de TNO-wet van 1985, 3. Herstructurering. Daarin wordt onder andere verwezen naar de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid, 'Advies inzake innovatie, in het bijzonder industriële innovatie', *Maatschappijbelangen* (1973), no. 7, 300-305 en (1973), no. 8, 344-348. Het advies was in juli 1972 uitgebracht en daarna in *Maatschappijbelangen* gepubliceerd.
- 16 De Commissie Relatie Overheid-TNO onder voorzitterschap van H. Reinoud met een eerste interimrapport in juni 1975; een 'Nota inzake de hoofdlijnen van de organisatie TNO' (*Tweede Kamerzitting 1977-1978*, 14810, nr.1). De commissie wordt ook geciteerd in *De Memorie van Toelichting* bij de TNO-wet van 1985, 3. Herstructurering.
- 17 *De Memorie van Toelichting* bij de TNO-wet van 1985, 4.2 Doelstellingen en taken.
- 18 Zie voor het navolgende: E.-J. Velzing, *Invloed op innovatie? Een reconstructie van het innovatiebeleid van het ministerie van Economische Zaken van 1979 tot 2010* (werktitel proefschrift, Amsterdam, publicatie verwacht in 2013), hoofdstuk 5 'Technologiebeleid (1984-1990)'.
19 *Technologische Innovatie*, Tweede Kamer, zitting 1979-1980, 15855, nr. 2 (ook wel bekend als *De Innovatienota*).
- 20 Versleijen (red.), *Dertig jaar publieke onderzoeksfinanciering*, 48-53.
- 21 Schatting op basis van: Versleijen (red.), *Dertig jaar publieke onderzoeksfinanciering*, 43, figuur 13 (thematische competitie en consortia competitie).
- 22 Algemene Rekenkamer, *Innovatiebeleid* (Rapport Tweede Kamer, vergaderjaar 2011-2012, 33 009, nr. 2), 43.
- 23 AWT, *Kennis plaatsen*, 38.
- 24 Versleijen (red.), *Dertig jaar publieke onderzoeksfinanciering*, 53.
- 25 Algemene Rekenkamer, *Innovatiebeleid*, 55.
- 26 *De technologische kennisinfrastructuur van Nederland* (Apeldoorn 1996), TNO-rapport STB/96/005.
- 27 *Self-assessment TNO. Final report* (Delft 2003), diverse bijlagen.
- 28 '60 jaar TNO'. Themanummer *Toegepaste Wetenschap* 8 (oktober 1992) no. 5, 21.
- 29 *Jaarverslag TNO 1997*, 10. A. Lakwijk, G. van de Schootbrugge en H. van Wijk, *TNO en Co: de praktijk van*

- kennisontwikkeling met cofinanciering door bedrijven. Strategie en Programma TNO* (Delft 2001), 4, 6-7. Het cofinancieringsprogramma bestond in 1997 reeds uit 200 projecten. Een extern bureau evalueerde regelmatig het programma. Werd de in het programma opgebouwde kennis ook daadwerkelijk toegepast? Wat waren de economische effecten voor de deelnemende bedrijven? In hoofdstuk 20 zullen wij hier verder op ingaan. Een conclusie was dat de opgebouwde kennis vaak direct van belang was voor het bedrijfsleven. Dat klonk aantrekkelijk, maar het had mogelijk ook een keerzijde. Slopen er toch geen kortetermijndoelstellingen in de onderzoeksprogramma's, terwijl het ging om de financiering van kennisontwikkeling voor de lange termijn?
- 30 Ad hoc Commissie 'Brugfunctie TNO en GTI's' (= commissie-Wijffels), *De kracht van directe verbindingen* (Den Haag 2004), 42-48, citaat op p. 43.
- 31 Een tussentijdse evaluatie uit 2008: D. Hanemaayer, H. Slijp en M. Verboven, *Tussenevaluatie vraagprogrammering TNO en GTI's* (Den Haag 2008) (Rapport opgemaakt door B&A Consulting bv Centrum voor Beleidsvaluatie). Een eindevaluatie uit 2011: P. den Hertog e.a., *Eindevaluatie vraagsturing TNO en GTI's* (Utrecht 2011). In het laatste rapport wordt het in de eerste twee (van de acht) conclusies als volgt geformuleerd: '1. Het instrument Vraagsturing TNO en GTI's heeft bijgedragen aan een (verdere) versterking en een behoorlijk niveau van inhoudelijke vraagsturing binnen de thema's ... 2. Het betrekken van bedrijven en maatschappelijke organisaties is nog steeds een knelpunt en is per saldo slechts in beperkte mate toegenomen ...'.
- 32 Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT), *Balanceren met beleid. Wetenschaps- en innovatiebeleid op hoofdlijnen* Advies 71 (Den Haag 2007), 29.
- 33 *Strategisch Plan TNO Industrie en Techniek 2007-2010* (z.pl., z.j.), 11.
- 34 Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, *Bedrijfslevenbrief* (Den Haag 2011).
- 35 *Een kwart eeuw TNO, 1932-1957. Gedenkboek bij de voltooiing van de eerste 25 jaar werkzaamheid van de organisatie TNO op 1 mei 1957* (Den Haag 1957).
- 36 *Rapport commissie-Went*, 12.
- 37 *Technologische Innovatie*, nrs. 1-2, 28.
- 38 Het TNO-onderzoek kan ook op andere manieren worden ingedeeld. Het is onder te brengen in de gangbare classificaties van technologische disciplines, bijvoorbeeld die van mechanische, biologische, chemische, fysische en biochemische processen. Het TNO-onderzoek zou dan tot de mechanische technologie, de chemische technologie, de fysische technologie, et cetera behoren. Het kan echter ook naar maatschappelijke thema's worden geïnclassificeerd, bijvoorbeeld de transporttechnologie, de energietechnologie, de voedingsmiddelentechnologie, de communicatie- of de gezondheidstechnologie. Voor ons doel leveren de gekozen indelingen de meeste inzichten op.
- 39 De elektronenmicroscopie werd in Duitsland uitgevonden, in 1931. De Delftse student Jan B. le Poole bouwde de eerste Nederlandse elektronenmicroscopie in 1941. In 1943 besloten TNO, Philips, de Nederlandse Gist- en Spiritusfabriek, de TU Delft en enkele andere partijen tot de oprichting van het Elektronenmicroscopisch Centrum onder leiding van Le Poole. Het centrum diende voor het onderzoek met en de verdere ontwikkeling van de elektronenmicroscopie.
- 40 *Jaarverslag Centraal Technisch Instituut TNO 1960/61*, 9.
- 41 *Jaarverslag Vezelinstituut TNO 1965*, 22.
- 42 *Jaarverslag Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies 1961*, 17.
- 43 *Jaarverslag Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies 1961*, 19.
- 44 Met dank aan P. Vos en M. van Hoogstraten van het Nederlands Normalisatie-instituut (NEN). In totaal hebben 8041 personen in commissies en werkgroepen zitting. Op dat aantal maken de TNO'ers slechts een fractie uit (2,5%). De totstandkoming van normen is een ingewikkeld onderhandelingsproces met vele partijen. De rol van TNO zal vooral die van expert zijn omtrent methoden en protocollen. Een dergelijke rol is van groot belang in zo'n onderhandelingsproces. Het deelnemen aan commissies en werkgroepen zegt daarom meer dan de relatieve omvang van de TNO-populatie bij NEN. Via NEN neemt TNO uitgebreid deel aan het nationale, Europese en mondiale kennisnetwerk voor normalisatie en normen. In de bouwwereld neemt TNO van oudsher actief deel aan het opstellen van normen in het kader van de Technische Grondslagen voor Bouwconstructies in het algemeen en die speciaal voor staal-, aluminium- en betonconstructies. Maar ook neemt men deel aan het werk van normcommissies op het gebied van brandveiligheid van bouwproducten en bouwwerken, brugbelastingen, energieprestatie van gebouwen, geluidwering in woningen, geotechniek, kasconstructies, klimaatbeheersing in gebouwen, vloeren en zonne-energie. Op het gebied van elektro & ICT, is het TNO bijvoorbeeld actief in de normcommissies voor beeld, geluid en multimedia, elektrische voertuigen, installatievoorschriften en zonne-energiesystemen. In de sector industrie is TNO ook al jarenlang actief. Bijvoorbeeld in het normalisatiewerk voor onderwerpen als beschermende kleding, ergonomische criteria voor bus- en vrachtwagencabines, gebruiksartikelen in contact met levensmiddelen, machines voor de voedselindustrie en schepen en maritieme techniek. En tot slot de sector voeding & zorg. Hier neemt TNO ook uitgebreid deel aan een grote variëteit van onderwerpen. Bijvoorbeeld aan het normcommissiewerk op het brede gebied van medische hulpmiddelen, de zorg en het milieu. (Notitie P. Vos 12-01-2012)
- 45 R. Bol, programmadirecteur Bio-Based Economy van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, in *Jaarverslag Nederlands Normalisatie-instituut 2010*, 13.
- 46 Leidraad 'Veiligheid en kwaliteit van medisch facilitaire dienstverlening bij thuiszorgtherapie' (Leusden 2009). Opgesteld door de Medisch Facilitaire Bedrijven Thuiszorg. Projectmatig ondersteund door TNO Kwaliteit van Leven.
- 47 Zie onder andere: P.D. Koogh, *25 jaar keuringen bij IW-TNO. Inleiding bij de bijeenkomst over keuringen bij TNO* (Delft 1990).

- 48 *Rapport commissie-Went*, 12 en *De Memorie van Toelichting* bij de TNO-wet van 1930. Er is geen sprake van het ontwikkelen van ijking- keurings- en onderzoeksmethoden. Daarentegen maakt men bij onderzoek een onderscheid tussen toepassing van natuurwetenschappelijke kennis én het ontwikkelen van kennis als de natuurwetenschappen daarin niet voorzien.
- 49 Persoonlijke notitie van ir. J.H. Hanssen, *TPD-scheepsakoestiek markant* (Monster, 3 april 2011). De tekst over de scheepsakoestiek is op de informatie uit deze notitie gebaseerd.
- 50 Hanssen geciteerd uit zijn persoonlijke notitie *TPD-scheepsakoestiek markant*.
- 51 AKU, de Algemene Kunstzijde Unie, heet tegenwoordig AKZO Nobel.
- 52 Zie voor een bespreking van de valorisatie van universitaire research: A. van Rooij, *Getting a grip on valorization* (forthcoming). Er wordt onder andere verwezen naar: J.H. Grossman, R.P. Morgan and P.P. Reid, 'Contributions of academic research to industrial performance in five industry sectors', in: *Journal of Technology Transfer* 26 (2001), 1-2, 143-152 en J.W. Spencer, 'How relevant is university-based scientific research to private hightechnology firms? A United States-Japan comparison', in: *Academy of Management Journal* 44 (2001), 432-440.
- 53 E. Mansfield, 'Academic research and industrial innovation', in: *Research Policy* 20 (1991), nr. 1, 1-12.
- 54 Voor het navolgende is gebruik gemaakt van de External Technology Audits van 80 'Know How Bases'(KHB's) tussen 2006 en 2010. De inhoud van de onderzoekseenheden duidt TNO aan als 'Technologie'. De verzameling van alle Technologieën is de 'Know How Base' (KHB). Elke technologie heeft een KHB-nummer. De KHB-methodiek is halverwege de jaren negentig ingevoerd. In het begin stonden de technologieën los van de organisatorische eenheden, maar sinds 2007 is een technologie één-op-één gerelateerd aan een expertisegroep. Er zijn in 2012 68 expertisegroepen, en dus 68 KHB-nummers, in de wandeling benoemd als KHB's. (Bron: Peter de Haan, TNO).
- 55 Als het goed is, heeft een expertisegroep een range van subtechnologieën die wat betreft hun ontwikkelingsgraad variëren van embryonaal tot volwassen.
- 56 Brief van de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen betreffende Overheidsfinanciering TNO aan J. Dekker, voorzitter Raad van Bestuur TNO, 3 oktober 1996 met bijlage (OWB/NT-96016619). In die brief is sprake van 'Basisfinanciering', een term die ook in de TNO-wet van 1985 wordt gebezigd. Tegenwoordig spreekt TNO dus van 'Kennis als Vermogen'.
- 57 Binnen het programma 'Kennis als Vermogen' is ook sprake van 'Kennis als Vermogen over de Thema's' (KaVoT). Daarbij gaat het om meer generieke themadoorsnijdende kennisontwikkeling. In 2010 was 27 miljoen euro van de 75 miljoen euro voor KaVoT bestemd.
- 58 De TNO-wet van 1985 spreekt in dit verband van 'doelfinanciering'.
- 59 Hanemaayer e.a., *Tussenevaluatie vraagprogrammering TNO en GTI's*.
- 60 *Effectmeting TNO Cofinancieringsprogramma 2010* (Capelle a/d IJssel 2010). Het rapport is opgesteld door het bureau Husaarts/de Vos.
- 61 In de voorafgaande jaren wordt een veel hogere factor dan 2,7 gevonden, tot wel een factor 9 toe.
- 62 Zie voor het navolgende: Velzing, *Invloed op innovatie?*, hoofdstuk 5 'Technologiebeleid (1984-1990)'. Velzing inventariseerde de gegevens over en de evaluaties van IOP's.
- 63 Zie voor het navolgende: Velzing, *Invloed op innovatie?*, hoofdstuk 6 'Kiezen binnen een generieke aanpak (1991-2002)'. Velzing inventariseerde de gegevens over en de evaluaties van TTI's.
- 64 Algemene Rekenkamer, *Innovatiebeleid*, 55.
- 65 *Organisatie TNO. Verslag over het jaar 1964*, 95.
- 66 *Organisatie TNO. Verslag over het jaar 1964*, 96.
- 67 Zie voor de combinatie TNO en klant in huisvesting noot 7. Voor de combinatie tussen TNO en kennisinstellingen: Technisch Fysische Dienst TNO verweven met Technische Natuurkunde TU Delft; OCI verweven met RU Utrecht, organische chemie; Voeding Zeist, oorspronkelijk bij RU Utrecht, ook relaties met RIVM; TNO-complex Zuidpolder oorspronkelijk in hoofdgebouw TU Delft, nieuwbouw in TU-wijk; IWECO TNO verweven met Werktuigbouw TU Delft; Metaal Instituut TNO verweven met Metaalkunde TU Delft tot verhuizing naar Apeldoorn. Met dank aan R. Arlman, voormalig medewerker TNO (email 9 januari 2012)
- 68 K. Frenken, *Kenniseconomie in evolutionair perspectief* (Intreerede TUEindhoven 2010), 12
- 69 *Self-assessment TNO*, 103.
- 70 *Jaarverslag Stichting Wasserij-Instituut TNO 1960*, 6.
- 71 Bron: Strategie en Planning TNO (J. Louwe).
- 72 Niet al het contractonderzoek heeft betrekking op innovatieprocessen. Een belangrijk deel bestaat uit beleidsstudies. Een ander deel uit het ontwikkelen van meet-, test- en keurmethoden. Verder valt er het testen en keuren onder, hoewel TNO het routinematige testen en keuren zoveel mogelijk in aparte TNO-bedrijven onderbrengt. Het contractonderzoek dat betrekking heeft op innovatieprocessen, kan op meer dan 50% worden geschat.
- 73 Bron: Strategie en Planning TNO (J. Louwe) en *Jaarverslagen* van TNO.
- 74 *TNO werkt voor het MKB. Samen werken aan kennis maken* (Delft 2006), 10-11.
- 75 Ook is het mogelijk tijdelijke opties tegen vergoeding te krijgen.
- 76 *Waardevol. Indicatoren voor Valorisatie* (Utrecht 2011), 8. Het rapport is een gezamenlijk project van Technologiestichting STW, Rathenau Instituut en Technopolis voor de Landelijke Commissie Valorisatie.
- 77 Een andere belangrijke vraag is in hoeverre er sprake is van concurrentievervalsing. Immers, TNO werkt op een commerciële markt met verschillende kennisaanbieders. Zij krijgt subsidie en kan die gebruiken om gunstige contracten voor onderzoek af te sluiten. TNO valt onder de regeling inzake 'Staatssteun voor Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie'. Deze regeling geeft aan onder welke condities kennisorganisaties met bedrijven mogen samenwerken zonder dat er sprake is van ongeoorloofde staatssteun. De effectiviteit van deze regeling is in deze studie niet onderzocht.
- 78 Ad hoc Commissie 'Brugfunctie TNO en GTI's', *De kracht van directe verbindingen*, 10.
- 79 *Waardevol. Indicatoren voor Valorisatie*, 11-21

- 80 Conclusie op basis van dit boek. Zie ook: A.J. Salter en B.R. Martin, 'The economic benefits of publicly basic research: a critical review', in: *Research Policy* 30 (2001), 509-532. Zij geven nog twee andere (economische) bijdragen van collectief onderzoek: de creatie van nieuwe firma's en van 'human capital'. Beide zijn ook van toepassing op TNO. Het creëren van nieuwe firma's is in de tekst behandeld. Wat betreft 'human capital' kan het volgende worden opgemerkt: 'Human capital' is een belangrijke productiefactor in het innovatieproces. Op universiteiten gaat het om studenten die worden opgeleid; bij TNO om onderzoekers die na hun onderzoek als experts hun carrière voortzetten. TNO kiest in haar laatste strategieplan nadrukkelijk voor een rol als leverancier van innovatietalent: 'Ex-TNO'ers blijken bijzonder aantrekkelijke kandidaten voor de arbeidsmarkt. Opgeleid en een ervaring rijker leveren wij competente "innovators" voor de innovatiegebieden waar Nederland het de komende tijd van moet hebben.' Zie *TNO Strategisch Plan 2011-2014. Innoveren met impact*. (z.pl. 2010), 117.
- 81 *TNO werkt voor het MKB*, 2
- 82 *TNO werkt voor het MKB*, 4.
- 83 Ad hoc Commissie 'Brugfunctie TNO en GTI's', *De kracht van directe verbindingen*, 54.
- 84 Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid, *Innovatie zonder inventie. Kennisbenutting in het MKB* (z.pl., 2005), 6.
- 85 C. van Dorst, *Tobben met de was. Een techniekgeschiedenis van het wassen in Nederland 1890-1968* (Eindhoven 2007), 55-56.
- 86 Dorst, *Tobben met de was*, 138-140.
- 87 Dorst, *Tobben met de was*, 112-117. Zie ook: R. Oldenziel en M. Veenis, 'De oorlogseconomie: zuinigheid en noodgedwongen vindingrijkheid, 1940-1945', in: J.W. Schot, H. Lintsen en A. Rip (red.), *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Eindhoven/ Zutphen 2001), deel IV, 98-99.
- 88 Rapport van de Speurwerkcommissie, *Het industriële onderzoek- en ontwikkelingswerk in Nederland* (Haarlem, 1967).
- 89 *Jaarverslag TNO 1963*, 13. *Jaarverslag TNO 1964*, 94-96. *Jaarverslag Nijverheidsorganisatie 1965*, 7. H. F. J. Freutel, 'Méér belangstelling voor kennisoverdracht', in: *T.N.O.-Nieuws* (1964), 19, 426-443.
- 90 Centraal Technisch Instituut TNO, *Jaarverslag 1957*, 3, 11, 37.
- 91 Niet alle initiatieven worden in de hoofdttekst behandeld. Een idee van TNO was bijvoorbeeld de regionalisering van haar dienstverlening. Het MKB zou immers vooral regionaal werken. In 1982 werd er in Enschede een kantoor geopend dat vooral een 'ingangsfunctie' moest hebben en het regionale bedrijf de TNO-organisatie moest binnenloodsen. Ook organiseerde TNO zogenaamde contactdagen in de regio. *Jaarverslag TNO 1982*, 9. H. Borsten, *Kennisoverdracht van groot belang voor industriële (sic) vernieuwing*, TNO-Project 10 (1982), 288-292: 289.
- 92 *Jaarverslag TNO 1985*, 10-12. E. Breeman, 'Het PII is fini, lang leve de industriële innovatie', in: *Toegepaste Wetenschap TNO 1* (1985), 28-29. Voor een uitgebreide analyse van PII zie: A. van Dijk, *Innovatie en overheidsbeleid: duwen en trekken in de industriepolitiek* (Amsterdam 1986), 130-187.
- 93 In 1995 werd het programma door TNO voortgezet als het MKB-Initiatief, daarbij gesteund door het ministerie van Economische Zaken. Het was een adviestraject waarbij TNO met haar opdrachtgever tot een strategisch plan poogde te komen waarin de wegen werden ontvouwd die de technologische en marktposities van het betrokken bedrijf moesten versterken. Tussen 1995 en 2000 leverde het MKB-Initiatief in totaal circa 260 projecten op. *Jaarverslag TNO 1996*, 7, 19. H. Hage, 'MKB-initiatief van start: "Goed voor de BV Nederland"', in: *Toegepaste Wetenschap 11* (juni 1995), nr. 3, 6-7. H. Hage, 'TNO MKB-Initiatief wordt nationaal programma', in: *Toegepaste Wetenschap 15* (januari 1999), nr. 1, 26-28.
- 94 Oorspronkelijk was het Instrumentum de instrumentenmakerij van het Centraal Instituut voor Materiaalonderzoek TNO (CIMO-TNO) uit 1937. In 1951 werd het CIMO-TNO in een aantal zelfstandige instituten gesplitst: het Instituut voor Bouwmaterialen, het Corrosie-Instituut TNO, het Analytisch Instituut TNO, het Houtinstituut TNO, het Verfinstituut TNO en het Metaalstituut TNO. De instrumentenmakerij kreeg een onafhankelijke status en verwierf in 1958 de status van TNO-instituut met de indrukwekkende naam 'Instrumentum Investigatori Auxilium', kortweg 'Instrumentum'. Het instituut specialiseerde zich behalve in het maken van instrumenten, ook in productontwikkeling. (Notitie G.A. van Schootbrugge, 2011).
- 95 Het Productcentrum TNO is in 1996 samen met het Kunststoffen en Rubberinstituut TNO en het Metaalstituut TNO opgegaan in het instituut TNO Industrie. Dit instituut was een van de drie instituten van de Hoofdgroep Industriële Producten en Diensten. Resten van het Productcentrum zijn nog te vinden in het latere TNO Industrie en Techniek. Na de reorganisatie van begin 2011 is er een expertisegroep in Eindhoven, Additive Manufacturing, die (deels) voortkomt uit het Productcentrum. Rapid prototyping, gestart bij het Productcentrum, heeft zich ontwikkeld tot Rapid manufacturing.
- 96 Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid, *Innovatie zonder inventie*, 5.
- 97 Uitgebreid onderzoek naar het MKB geschiedt door het Economisch Instituut voor het Midden- en kleinbedrijf (EIM). Zie hun reeks rapporten.
- 98 J.P.J. de Jong, *De bron van vernieuwing. Rol van netwerken bij innovaties in het MKB* (Zoetermeer 2005), 45 e.v..
- 99 *MKB-kenniscirkels. Waar zoekt het MKB welke kennis?* (Zoetermeer 1999), 17.
- 100 A. Mensen en W. van Rijt-Veltman, *De kortste route naar een kennisrijk MKB. Onderzoek naar effectieve kennisoverdracht naar het (procesvolgend) MKB* (Zoetermeer 2003), 31.
- 101 In 2001 verbond TNO zich bijvoorbeeld aan een kennisconsortium waarin de HBO-raad, Syntens en het Telematica Instituut deelnamen. Het consortium kwam met het plan Impuls Kenniscirculatie, waarin enkele pilotprojecten werden ontwikkeld rond bijvoorbeeld bedrijfsvoering en informatietechnologie. Naast deze toepassingsgerichte projecten wilde het consortium methoden en technieken ontwikkelen waarmee kenniscirculatie in het MKB bevorderd zou kunnen worden. D. Binnendijk, 'TNO: via hogescholen maatwerk voor het MKB', in: *TNO Magazine 19* (2003), nr. 5, 22-23.

- In november 2003 werd het kennisconsortium omgezet in de Innovatiealliantie, maar de doelstellingen bleven in grote lijnen gelijk. 'Innovatie Alliantie', *TNO Magazine*, 20 (2004), nr. 1, 31.
- 102 *TNO werkt voor het MKB*, 18-19.
- 103 Zie voor een overzicht van de regelingen en programma's tussen 2005 en 2010: *TNO werkt voor het MKB*. Daarin staan ook verschillende voorbeelden. Zie voor andere voorbeelden: *Topprestaties in de maakindustrie. Innoveren met impact* (Delft 2011).
- Een voorbeeld van een initiatief dat zich op individuele bedrijven richt, is het inzetten van een MKB-bedrijf bij het commercialiseren van productideeën die bij TNO zijn opgekomen. Bedrijven schrijven zich in voor een aantal mogelijkheden die TNO aanreikt. Vijf tot tien bedrijven ontvangen een vergoeding voor een haalbaarheidsstudie. Na selectie ontvangen drie bedrijven een vergoeding van Economische Zaken voor de uitontwikkeling van het product. De bedrijven dragen de kosten voor het commercialiseren en vermarkten.
- Zo heeft TNO reeds geruime tijd een concept voor een elektronisch fietsslot voor huurfietsen op de plank liggen. Na een lange zoektocht en een stevige selectieprocedure is het bedrijf BroThom aan de slag gegaan met de doorontwikkeling van het idee. Het bedrijf automatiseerde voor OV Fiets het fietsverhuursysteem. Een pas met een transponder geeft daarbij toegang tot een box met een verhuurfiets. Koppeling van dat systeem met het fietsslot is logisch, maar vergt nog veel stappen. Bovendien moet het nieuwe systeem in de praktijk worden getest. Het haalbaarheidsonderzoek is daarop gericht. Is de uitkomst positief, dan is het ontwikkelingsgeld zeer welkom. *TNO werkt voor het MKB*, 38-39.
- 104 *TNO werkt voor het MKB*, 29-30.
- 105 *TNO werkt voor het MKB*, 5. Ook in hoofdstuk 20 wordt een aantal van 3000 'kleinste bedrijven' genoemd. In dat geval gaat het om organisaties die minder dan € 10.000 bij TNO besteden.
- 106 *Self-assessment TNO*, 109.
- 107 Preciezer geformuleerd: In 2002 werd de Stichting Reinigingstechnieken opgericht, die het overleg startte met verschillende verenigingen binnen de sector, waaronder de Nederlandse Vereniging van Wasserij- en Linnenverhuurbedrijven, de Research Vereniging Textielverzorging en de Vereniging voor Toepassing en Hergebruik Textiel. Deze verenigingen gingen in 2005 op in de Federatie Textielbeheer Nederland. Bij de onderhandelingen was ook de NETEX betrokken, de Nederlandse Vereniging van Textielreinigers, die zeker 60% van de branche organiseert.
- 108 *TNO werkt voor het MKB*, 6.
- 109 *Rapport commissie-Went*, 12.
- 110 *Jaarverslag Nijverheidsorganisatie 1975*, 4.
- 111 *TNO Strategisch Plan 2011-2014*, 29.
- 112 *Een kwart eeuw TNO 1932-1957*, 49.
- 113 *Een kwart eeuw TNO 1932-1957*, 73.
- 114 *Een kwart eeuw TNO 1932-1957*, 69.
- 115 *Een kwart eeuw TNO 1932-1957*, 93.
- 116 De stelling over de speciale, technisch-maatschappelijke dynamiek na de Tweede Wereldoorlog is van: J. Schot en A. Rip, 'Techniek en de geschiedenis van Nederland in de twintigste eeuw', in: J.W. Schot, H. Lintsen en A. Rip (red.), *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Eindhoven/Zutphen 2001), deel VII, 26-34. Zie voor het navolgende verder: H. Lintsen en anderen, *Made in Holland. Een techniekgeschiedenis van Nederland [1800-2000]* (Zutphen 2005), 305-310, 346-349.
- 117 P. Rijkens, 'De economische politiek', in: A.A. van Rhijn (red.), *Nieuw Nederland. Bijdragen van buiten bezet gebied in verband met den wederopbouw van ons land* (New York 1944). Citaat staat in: K. Schuyt en E. Taverne, *1950. Welvaart in zwart-wit* (Den Haag 2000), 84.
- 118 Lintsen, *Made in Holland*, 349-350.
- 119 Het Rathenau Instituut is een organisatie die zich bezighoudt met vraagstukken op het snijvlak van wetenschap, technologie en samenleving en die de politiek en het publiek daarover informeert. Het instituut is ondergebracht bij de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.
- 120 Lintsen, *Made in Holland*, 190-191; 310-314.
- 121 Voor de omschrijving van de drie technologieën, zie: *De technologische kennisinfrastructuur van Nederland*, 13, 17, 19, 20. Het centraal stellen van deze drie technologieën gebeurt niet in dit rapport, maar in: A. Bonaccori, 'Search regimes and the industrial dynamics of science', in: *Minerva* 46 (2008), 285-315. Nieuwe materialen bestrijken een breed terrein, met functionele materialen als polymeren, die om hun fysische, elektronische, optische en magnetische eigenschappen worden benut, en constructiematerialen als staal, aluminium en keramiek. Evenals materialentechnologie is biotechnologie een oud technisch en wetenschappelijk domein, waarop wetenschappelijke doorbraken zich hebben voltrokken. Het gaat onder meer om recombinant-DNA-onderzoek en *genetic engineering*, biologische systemen en geïntegreerde bioprocestechnologie. De belangrijkste terreinen van ict zijn de computer- en communicatie-infrastructuren, softwaretechnologie en computermodellen en componenten als dataopslagsystemen en scanners.
- 122 Inmiddels gaat het om gevestigde onderzoeksthema's, maar de benutting van de nieuw ontwikkelde kennis laat een wisselend beeld zien. Op sommige gebieden zijn geheel nieuwe praktijken standaard geworden, zoals de kantoorautomatisering en de automatisering van productieprocessen. Op vele terreinen is de technologie het experimentele stadium echter nog nauwelijks ontgroeid, bijvoorbeeld de zonneceltechnologie en de genterapie. Er wordt nog volop geëxperimenteerd in laboratoria en marktniches.
- 123 Zie voor de jaren rond 1970: L. Soete, 'Technologie en economie. Een onderzoeksagenda', in: *Tijdschrift voor Politieke Economie* 11 (1988), nr. 2, 51 (percentage is exclusief defensieonderzoek). Zie voor 2006: Versleijen (red.), *Dertig jaar publieke onderzoeksfinanciering*, 17.
- 124 Het gaat hier om de zogenaamde derde geldstroom: contracten met individuele bedrijven en voor

- subsidies (anders dan NWO, met name van het ministerie van Economische Zaken). De berekening is gedaan op basis van mensjaren wetenschappelijk onderzoek. Zie: Lintsen en Schippers, *Gedreven door nieuwsgierigheid*, 77-87.
- 125 Het accent lag op generiek beleid, bijvoorbeeld met de Wet Bevordering Speur- en Ontwikkelingswerk (WBSO), die met fiscale maatregelen het onderzoek bij bedrijven moest stimuleren. Daarnaast ontwikkelde Economische Zaken ook specifiek beleid, zoals het geval was met de Technologische Topinstututen, of beleid gericht op bedrijven en industriële sectoren, zoals de regeling Research op Aandachtsgebieden, waarmee risicovolle onderzoeksprojecten van bedrijven en collectiviteiten ondersteund konden worden.
- 126 De aandacht ging met name uit naar de ontwikkeling van netwerken tussen bedrijfsleven, overheid en de universiteiten.
- 127 Zie voor het navolgende: *Krachtig naar de top. Het nieuwe bedrijvenbeleid in actie(s)* (Den Haag 2011); *Brief van de voorzitters van de topteam aan de Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie*, betreffende 'aanbieding samenvatting innovatiecontracten en human capital agenda's', Den Haag, 13 januari 2012; *Samenvatting van de innovatiecontracten van de verschillende topsectoren* (Den Haag 2012), raadpleging website van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie op 20 januari; *Brief van de Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie aan de Voorzitter van de Tweede Kamer*, betreffende eerste reactie op innovatiecontracten en human capital agenda's, Den Haag 16 januari 2012.
- 128 Voor sommige sectoren zijn stabiele verhoudingen wel gelukt, bijvoorbeeld voor de bouw en defensie. Juist deze sectoren vallen niet onder het topsectorenbeleid. Was dat mede omdat het voor deze sectoren niet nodig was?
- 129 Dat geldt overigens niet voor alle sectoren. Het programma voor creatieve industrie, bijvoorbeeld, kenmerkt zich door fragmentatie.

GERAADPLEEGDE BRONNEN

LITERATUURLIJST

- '60 jaar TNO', Themanummer *Toegepaste Wetenschap* 8 (oktober 1992) no. 5, 21.
- 'Aanbevelingen aan het bestuur van de NNV en commentaren', in: *Wetenschap & Samenleving* (mei 1980), 30-36.
- Ad hoc Commissie 'Brugfunctie TNO en GTI's', *De kracht van directe verbindingen* (Den Haag 2004), 42-48.
- 'Advies inzake innovatie, in het bijzonder industriële innovatie', in: *Maatschappijbelangen* (1973), 137 (7), 300-305, 344-349, 348-349.
- Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid, *Advies over relatie overheid-TNO* (Den Haag 1995).
- Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid, *Innovatie zonder inventie. Kennisbenutting in het MKB* (z.pl., 2005).
- Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT), *Balanceren met beleid. Wetenschaps- en innovatiebeleid op hoofdlijnen* Advies 71 (Den Haag 2007).
- Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT), *Kennis plaatsen. Onderzoeksinstituten in een veranderende omgeving* Advies 75 (Den Haag 2007).
- J. Al, *Research als overheidstaak* (Proefschrift TU Delft 1952).
- 'Alcohol fuels gaining importance', in: *TNO-Road-Vehicles Research Institute Magazine* (voortaan: *By the Way*) (december 1980).
- Algemene Rekenkamer, *Innovatiebeleid* (Rapport Tweede Kamer, vergaderjaar 2011-2012, 33 009, nr. 2).
- C.D. Andriess, *Dutch Messengers. A History of Science Publishing, 1930-1980* (Leiden, Boston 2008).
- L. Appelman e.a., 'One-year Inhalation Toxicity Study of Formaldehyde in male rats with a damaged or undamaged nasal mucosa', in: *Journal of applied toxicology* 8 (1988), no. 2, 85-90.
- J. Arts, 'Faciliteiten inhalatietoxicologie gerenoveerd', in: *Toegepaste Wetenschap* (dec. 1996).
- P. Baggen, *Vorming door wetenschap: universitair onderwijs in Nederland 1815-1960* (Delft 1998).
- P. Baggen, J. Faber en E. Homburg, 'Opkomst van een kennismaatschappij', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2003), Deel VII, 167-168.
- A. Barends, 'Detectie en bepaling van enkele toxische milieuverontreinigingen', in: *Jubileumuitgave TNO-Nieuws* (juni 1972), 300-304.
- C. van den Berg, 'Over het ontstaan van de voedingsorganisatie T.N.O. en van de voedingsraad en over het werk van deze laatste gedurende de bezetting', in: *Voeding* 26 (1965), no. 6, 300-301.
- K. van Berkel, *In het voetspoor van Stevin. Geschiedenis van de natuurwetenschap in Nederland 1580-1940* (Amsterdam 1985).
- E.M.L. Bervoets en E.A.M. Berkers, 'Bouwvakkers en de modernisering van het bouwen 1900-1970', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2003), Deel VI, 213.
- E.M.L. Bervoets en F.C.A. Veraart met medewerking van M.Th. Wilmink, 'Bezinning, ordening en afstemming 1940-1970', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2003), Deel VI, 215-239.
- A. Beyen, 'Document moet leiden tot veilige producten voor ouderen', in: *Toegepaste Wetenschap* (augustus 1996), 30-31.
- A. Beyen, 'We eten wéér minder groenten en fruit', in: *Toegepaste Wetenschap* (feb. 1999), 20-21.
- D. Binnendijk, 'TNO: via hogescholen maatwerk voor het MKB', in: *TNO Magazine* 19 (2003), nr. 5, 22-23. 'Biomechanical research in the United States', in: *By the Way* (juni 1985).
- H. Blackburn, *Preventing Heart Attack and Stroke. A History of Cardiovascular Disease Epidemiology* (z.pl. 2007), zie: <http://www.epi.umn/cvdepi/index.html>, p. 74. [geraadpleegd op 14-12-2010]
- S.S. Blume, *The development of Dutch science policy in international perspective, 1965-1985* (Den Haag 1986), RAWB-achtergrondstudie, no. 14.
- J. van Boeckel, 'De opmars van de micro-electronica is begonnen, maar Nederland slaapt nog', in: *TNO Project* (1978), 261-266.
- P.N. Boekel, 'De Stichting tot wetenschappelijke voorlichting op voedingsgebied een kwart eeuw oud', in: *Voeding* 26 (1965), no. 6, 290-291.
- E. Boeker, 'Enkele kwantitatieve gegevens voor Nederland', in: *Wetenschap & Samenleving* (mei 1980), 27-29.
- A. van den Bogaard, H. Lintsen, F. Veraart en O. de Wit (red.), *De eeuw van de computer. De geschiedenis van de informatietechnologie in Nederland* (Deventer 2008).
- A. Bonaccori, 'Search regimes and the industrial dynamics of science', in: *Minerva* 46 (2008), 285-315.
- H. Borsten, *Kennisoverdracht van groot belang voor industriële (sic) vernieuwing*, TNO-Project 10 (1982).
- J.A. Boswinkel, *TNO water en ondergrond* (interne notitie, TNO 2006).
- H.C. Botma, 'Dertig jaar meting van zeegolven en getij', in: *Jaarverslag Technisch Fysische Dienst TNO en T.H 1981*, 63-66.
- C. Böttcher, J. Keppler, C. ter Haar Romeny-Wachter, E. Boelsma-Van Houte en C. van Gent, 'Analysis of lipids of the arterial wall', in: *The Lancet* (6 dec. 1958), 1207-1209.
- I.J. Boxma, 'Prof. dr. J.L. van Soest, voordracht 1 nov. 2006', Archief TNO-Museum Waalsdorp (Den Haag).
- P. Brakman en C. Kluf, 'Preface. Twenty-five years of the Gaubius Institute', in: *Annals of the New York Academy of Sciences* (1992), vol. 667, xi-xii.
- E. Breeman, 'DIMES - lange lijdensweg naar het nationale speerpunt', in: *Toegepaste Wetenschap* (mei 1987), 35-38.
- E. Breeman, 'Het PII is fini, lang leve de industriële innovatie', in: *Toegepaste Wetenschap TNO 1* (1985), 28-29.
- E. Breeman, 'Nieuw CAD-Centrum TNO wil kenniskloof dichten', in: *Toegepaste Wetenschap* (juli 1987), 34-35.
- E. Breeman, 'Onderzoek: automatisering in Nederland moet nog beginnen', in: *Toegepaste Wetenschap* (maart 1985), 14-15.

- Ed Breeman, 'Stimulerende computer bootst steeds beter na', in: *Toegepaste Wetenschap* (maart 1987), 6-7.
- 'Brief van de minister van OCW aan de Tweede Kamer, d.d. 25-11-1994', in: *Handelingen der Staten-Generaal, 1994-1995, 23900 VIII*, nr. 50.
- 'Brief van de Staatssecretaris van WVC aan de Tweede Kamer, d.d. 27-10-1993', in: *Handelingen der Staten-Generaal, 1993-1994, 20423*, nr. 11.
- G. Burghouts, 'Intelligente camera herkent gedragspatronen', in: *Security Management* (oktober 2010), 38-40.

- F. Cassee, *Upper respiratory tract toxicity of mixtures of aldehydes. In vivo and in vitro studies* (Proefschrift Universiteit Utrecht 1995).
- Centrale Organisatie TNO, *De Technisch Fysische Dienst TNO-TH* (Delft 1966).
- Ch. Citroen, 'Literatuuronderzoek met behulp van de computer', in: *TNO Project* (1978), 282-285.
- H.C.R. van de Coolwijk e.a., *External Technology Audit, TNO Automotive* (Delft maart 2005).
- L. Crouzen e.a., *Sterke staaltjes. Vijftig voorbeelden van vernieuwing uit de wereld van TNO* (Delft 1997).
- *CUR koerst 2022. Van betonspeurwerk tot kennisnetwerk voor de gehele civiele techniek* (z.pl. 1992).

- M. van Daal en A. de Knecht-Van Eekelen, *Joannes Juda Groen (1903-1990). Een arts op zoek naar het ware welzijn* (Rotterdam 1994).
- Karel Davids, *The rise and decline of Dutch technological leadership. Technology, economy and culture in the Netherlands, 1350-1800* (Leiden 2008), Volume 1 and 2.
- 'De basis voor wereldwijd watermanagement', in: *Toen.Nu.TNO. 75 jaar TNO-onderzoek voor overheid, bedrijfsleven en samenleving* (z.pl. 2007), 55.
- *De Memorie van Toelichting* bij de TNO-wet van 1985.
- 'De Nederlandse textielindustrie handhaaft zich door samenwerking en research', in: *T.N.O.-Nieuws* (1956), 11, 68-69.
- 'De proefwoningbouw te Rotterdam voltooid', in: *TNO-Nieuws* 3 (1948), 303.
- *De technologische kennisinfrastructuur van Nederland* (Apeldoorn 1996), TNO-rapport STB/96/005.
- M. Dendermonde (red.), *Samen leven met het leven* (z.pl. z.j.) [Den Haag 1966].
- A. van Dijk, *Innovatie en overheidsbeleid: duwen en trekken in de industriepolitiek* (Amsterdam 1986).
- F.J. Dijksterhuis en B. van der Meulen, *Tussen coördineren en innoveren. De Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek, 1957-2000* (Groningen 2007).
- W. van Dokkum e.a., 'Physiological effects of fiber-rich types of bread', in: *British Journal of Nutrition* 47 (1982), 451-460 en 50 (1982), 61-74.
- L. Dommering-van Rongen, 'The role of the Dutch Trade Union Movement in Consumer Policy', in: *Journal of Consumer Policy* 9 (1980), 59-64.
- A. Don, M.H.A. Klaver, W. Lotens en J.G.M. Rademaker, *Thema Maatschappelijke veiligheid. Verkennend TNO-onderzoek: de highlights van 2003-2006* (Soesterberg 2007), TNO-rapport TNO-DV 2007 D121.
- C. van Dorst, *Tobben met de was. Een techniekgeschiedenis van het wassen in Nederland 1890-1968* (Eindhoven 2007).
- H. Driever, 'Geschiedenis Automotive. 1995-2003', ongepubliceerde notitie.
- H. Driever, 'Voertuigdynamica', in: *Manu TNO-WT*.

- D. Edeler, *De drinkwaterfluoridering. Tandartsen, staat en volksgezondheid in Nederland, 1946-1976* (proefschrift Universiteit van Amsterdam, 2009).
- M. van Eekelen, 'Atherosclerose en voeding', in: *TNO Nieuws* (1961), 555-556.
- M. van Eekelen, 'Bij het 25-jarig bestaan van de voedingsorganisatie T.N.O. en van het Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek T.N.O.', in: *Voeding* 26 (1965), 326, 329.
- *Een duik in het verleden van het Medisch Biologisch Laboratorium, Radiobiologisch Instituut en Primatencentrum TNO. Terugblik op 1947 t/m 1993* (z.pl., z.jr.).
- *Een kwart eeuw TNO 1932-1957. Gedenkboek bij de voltooiing van de eerste 25 jaar werkzaamheid van de organisatie TNO op 1 mei 1957* (Den Haag 1957).
- 'Eerste animaties broeikasgassen met gegevens van Envisatorsensor Sciamachy', ESA-website (geraadpleegd 22 juni 2007).
- *Effectmeting TNO Cofinancieringsprogramma 2010* (Capelle a/d IJssel 2010).
- L. van der Ent, 'Wij zijn als gastland trots op TNO', interview jhr. mr. P. de Savornin Lohman, *TNO-Magazine* (december 2009).
- 'Essential link in the quality chain', in: *By the Way* (juni 1996).
- 'European Drive Initiative', in: *By the Way* (februari 1991).
- 'Europese ruimtevaart houdt even de adem in', in: *NRC-Handelsblad* (1 maart 2002).
- 'Europese satelliet voor ozonmetingen', in: *NRC-Handelsblad* (6 april 1995).

- J. Le Fanu, *The rise and fall of modern medicine* (Londen 2000, [eerste publicatie in 1999]).
- V. Feron, *Experimenteel longkankeronderzoek bij Syrische goudhamsters. Waarnemingen met de carcinogenen benzo(a)pyreen en diethylnitrosamine en met aceetaldehyde, een hoofdbestanddeel van sigaretterook* [Proefschrift Leiden 1975].
- V. Feron, e.a., 'Lifespan oral toxicity study of vinyl chloride in rats', in: *Food and Cosmetics Toxicology* 19 (1981), 317-333.
- V. Feron e.a., 'Glass fibres and vapor phase components of cigarette smoke as cofactors in experimental respiratory tract carcinogenesis', in: *Carcinogenesis* 8 (1985), 93-118.
- V. Feron e.a., 'Nasal tumours in rats after short-term exposure to a cytotoxic concentration of formaldehyde', in: *Cancer letters* 39 (1988), 101-111.
- V. Feron, F. de Vrijer, R. Kroes en R. Hermus, 'Relatieve gezondheidsrisico's van additieven, contaminanten en

- voedingsstoffen', in: *Voeding* 51 (1990), no. 6, 142-146.
- V. Feron en P. Wensvoort, 'Gastric lesions in rats after the feeding of sulphite', in: *Path. Europ.* 7 (1972), no. 2, 103-111.
 - L. Filer, 'Modified food starches for use in infant foods', in: *Nutrition Reviews* 29 (1971), 55-59.
 - K. Frenken, *Kenniseconomie in evolutionair perspectief* (Intreerede TUEindhoven 2010).
 - H.F.J. Freutel, 'Méér belangstelling voor kennisoverdracht', in: *T.N.O.-Nieuws* (1964), 19, 426-443.
- *Geschiedenis van de Betonvereniging en aangesloten organisaties 1927-1987. Uitgegeven ter gelegenheid van het 60-jarig bestaan van de Betonvereniging* (z.pl. 1990).
 - 'Gezamenlijke brief van de ministers van VWS en OCW aan de Tweede Kamer, d.d. 11-12-1995', in: *Handelingen der Staten-Generaal, 1995-1996, 20423, nr. 18.*
 - T. Gielen, *De voor- en begingehiedenis van T.N.O.: De trage bouw aan de fundamente* (Scriptie TU Eindhoven 1987).
 - 'GOME: ozon-metingen op hoog niveau', in: *TNO Magazine TW Toegepaste wetenschap* (juni 1995), nummer 3, 8-9.
 - A.C. de Gooijer, *Over de tong. Veertig jaar voedingsonderzoek. Voedingsorganisatie TNO* (z.pl. 1980).
 - A. de Graaf, 'Het ontstaan van WT-TNO', in: *Manu. TNO-WT.*
 - J.J. Groen, 'Atherosclerose en coronaire hartziekten, de tegenwoordige stand van onze kennis van oorzaken en wegen ter preventie', in: *Voeding* 26 (1965), no. 6, p. 364.
 - J. Groen e.a., 'De invloed van voeding en levenswijzen op de lichamelijke toestand, het serumcholesterolgehalte en het voorkomen van atherosclerose en coronaria-trombose bij Trappisten en Benedictijnen', in: *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 105 (1961), 222-223.
 - J. Groen a.o., 'The influence of nutrition and ways of life on blood cholesterol and the prevalence of hypertension and coronary heart disease among Trappist and Benedictine monks,' in: *American Journal of Clinical Nutrition* 10 (1962), 456-470.
 - J. Groen en R.M. van der Heide, *Atherosclerose en coronairthrombose. Oorzaken en ontstaanswijzen* (Rotterdam 1956).
 - J. Groen, C. Kamminga, J. Reissel en A. Willebrands, 'Het cholesterolgehalte in het bloedserum van Joodse en niet-Joodse normale bloedgevers', in: *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 94 (1950), 728.
 - J. Groen en L. Koekenheim, 'De sterfte aan chronische hart-, vaat- en nierziekten in Nederland (1903-1940), in: *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 94 (1950), 3033.
 - A. de Groot, 'Comparison of intestinal effects in rats induced by feeding either a chemically modified starch or lactose' [Ongepubliceerd CIVO-TNO rapport no. R. 3436] (1971).
 - A. de Groot, e.a., 'Two-year feeding and multigeneration studies in rats on five chemically modified starches', in: *Food and Cosmetics Toxicology* 12 (1974), 651-663.
 - A. de Groot, H. Dreef-Van der Meulen, H. Til en V. Feron, 'Safety evaluation of yeast grown on hydrocarbons', in: *Food and Cosmetics Toxicology* 13 (1975), 619-627.
 - A. de Groot, H. Til en V. Feron, 'Safety evaluation of yeast grown on hydrocarbons', in: *Food and Cosmetics Toxicology* 8 (1970).
 - N. de Groot, 'De PML bijdrage aan het Goalkeeper project', in: Th.M. Groothuizen (red.), *Prins Maurits Laboratorium TNO. Veelzijdig en dynamisch* (Rijswijk 1988), 223-230.
 - Th.M. Groothuizen (red.), *Prins Maurits Laboratorium TNO. Veelzijdig en dynamisch* (Rijswijk 1988).
 - J. Groten e.a., 'Toxicology of chemical mixtures: a challenging quest along empirical sciences', in: *Environmental Toxicology and Pharmacology* 18 (2004), 185-192.
- W. de Haes en C. de Haan, 'Gezondheidsbedreigingen en gezond gedrag', in: *Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde* 58 (1980), afl. 20, 709 e.v..
 - H. Hage, 'Arbeidstoxicologie: een veld waarover marginaal informatie beschikbaar is', in: *Toegepaste Wetenschap* (februari 1992), 11-15.
 - H. Hage, 'DIANA: een brok techniek, verpakt in software', in: *Toegepaste Wetenschap* (1994), 33-34.
 - H. Hage, 'Drie TNO-instituten werken aan stormvloedkering in Nieuwe Waterweg', in: *Toegepaste Wetenschap* (1992), 18-22.
 - H. Hage, 'IT&T Initiatief: intern netwerk versterkt TNO-expertise', in: *Toegepaste Wetenschap* (februari 1993), 4-7.
 - H. Hage, 'Je hebt te maken met de complete kennisketen' [Interview met dr.ir. J. Rots], in: *Toegepaste Wetenschap* (okt. 1997), 18-21.
 - H. Hage, 'Kennis opbouwen over boren in zachte grond. ICES-programma Ondergronds Bouwen', in: *Toegepaste Wetenschap* (aug. 1996), 4-7.
 - H. Hage, 'MKB-initiatief van start: "Goed voor de BV Nederland"', in: *Toegepaste Wetenschap* 11 (juni 1995), nr. 3, 6-7.
 - H. Hage, 'TNO MKB-Initiatief wordt nationaal programma', in: *Toegepaste Wetenschap* 15 (januari 1999), nr. 1, 26-28.
 - A. Hammerschlag, 'TPD-activiteiten ten behoeve van ruimteonderzoek en ruimtevaart', in: *Jaarverslag Technisch Fysische Dienst TNO-TH* 1981, 70-72.
 - D. Hanemaayer, H. Slijp en M. Verboren, *Tussenevaluatie vraagprogrammering TNO en GTI's* (Den Haag 2008) (Rapport opgemaakt door B&A Consulting bv Centrum voor Beleidsevaluatie).
 - H. Harbers, 'MMIC Technology', in: *TNO Knowledge for business*, 1, 2.
 - R. Harris, J. Paxman, *A Higher Form of Killing* (Londen 2002).
 - A.P. den Hartog en A. Albert de la Bruhèze, 'De witte motor', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2000), Deel III, 311-322.
 - G.H. Heebels, 'Radar Research at Physics Laboratorium, LEOK and TNO-FEL after 1945', in: F.O.J. Bremer, P. van Genderen (red.), *Radar Development in the Netherlands* (Amsterdam 2004), 81-93.

- K. Heemskerk, 'Keuringen', in: *Manu.TNO-WT.*
 - A. Heerding, *Geschiedenis van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken*, Deel II (1891-1922): Een onderneming van vele markten thuis (Leiden 1986).
 - H.G. Heijmans, *Wetenschap tussen universiteit en industrie. De experimentele natuurkunde in Utrecht onder W.H. Julius en L.S. Ornstein 1896-1940* (Rotterdam 1994).
 - T. van Helvoort, *Gesmeerde kennis. Een halve eeuw geschiedenis van Unilevers Becel* [te verschijnen].
 - P.E. de Hen, *Actieve en re-actieve industriepolitiek in Nederland: De overheid en de ontwikkeling van de Nederlandse industrie in de jaren dertig en tussen 1945 en 1950* (Amsterdam 1980).
 - R.J.J. Hermus, 'Honderd jaar voedingswetenschappen: het ontstaan van een nieuwe discipline', in: A.P. den Hartog (red.), *De voeding van Nederland in de twintigste eeuw. Balans van honderd jaar werken aan voeding en gezondheid* (Wageningen 2001).
 - *Herstructurering en verkleining: de krijgsmacht in een veranderde wereld* (Den Haag 1991).
 - P. den Hertog e.a., *Eindevaluatie vraagsturing TNO en GTI's* (Utrecht 2011).
 - 'Het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium: Vijftig jaar luchtvaartonderzoek in Nederland', in: *De Ingenieur* (1969), 81 (14), L1-L11.
 - V. Hildebrandt, W. Ooijendijk en M. Hopman-Rock, *Trendrapport Bewegen en Gezondheid 2006-2007* (Leiden 2008) [TNO-rapport].
 - E. Homburg, *Speuren op de tast. Een historische kijk op industriële en universitaire research* (Oratie Universiteit Maastricht 2003).
 - D. Hoogendoorn, 'Ziekenhuizen, specialisten en medische registratie', in: *Medisch Contact* (1959), no. 2, 17.
 - J. van der Hoorn, 'Niacin increases HDL by reducing hepatic expression and plasma levels of cholesteryl esters transfer protein in APO*3Leiden CETP mice', in: *Arteriosclerosis, thrombosis and vascular biology* 28 (2008), 2016-2022.
 - M. Hopman-Rock, *In beweging blijven!. Bewegen is preventie en zorg voor ouderen* [inaugurele rede VUMC, 16 april 2009].
 - W.F. Hoppen, *Het Chemisch Laboratorium RVO-TNO in de periode 1947-1957* (Rijswijk 1957).
 - A.M. Hornblum, *Acres of skin. Human experiments at Holmesburg Prison. A true story of abuse and exploitation in the name of medical science* (New York 1998).
 - A.R. Hossack, *The First Gas Attack*, www.greatwardifferent.com .
 - E.S. Houwaart, 'Van medisch instrument naar medisch-technologisch systeem', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2001), Deel IV, 155-157.
 - S. Houwaart en S. Kruisinga, 'De echografie in Nederland: de eerste vijftien jaar', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2001), Deel IV, 251-271.
 - R. Houwink (ed.), *Elastomers and Plastomers, their chemistry, physics and technology*, Vol II Elsevier Polymer Series (New York, Amsterdam 1948).
 - R. Houwink, *Fundamentals of synthetic polymer technology in its chemical and physical aspects*, Elsevier Polymer Series (New York, Amsterdam 1949).
 - P. Huijnen, *De belofte van vitamines. Voedingsonderzoek tussen universiteit, industrie en overheid 1918-1945* (proefschrift Universiteit van Amsterdam 2011).
 - T.K. Huizinga, 'Wolkenkrabbers in Nederland', in: *TNO-Nieuws* 2 (1947) no. 5, 99-100.
 - J.J. Hutter, 'Nederlandse laboratoria 1860-1940, een kwantitatief overzicht', in: *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 9 (1986) nr. 4, 150-174.
- IARC Monograph on Formaldehyde vol. 88 – te vinden via: <http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Risk/formaldehyde#r2> (geraadpleegd, 22 juni 2011).
 - 'Innovatie Alliantie', *TNO Magazine*, 20 (2004), nr. 1, 31.
 - 'Investigating the effects of cross winds on road vehicles', in: *By the Way* (juni 1988).
 - 'IW co-ordinates pilot project in Bangla Desh', in: *By the Way* (december 1985).
- E. Janssen, 'Botsveiligheid', in: *Manu TNO-WT.*
 - J.P.J. de Jong, *De bron van vernieuwing. Rol van netwerken bij innovaties in het MKB* (Zoetermeer 2005).
 - D. Jonker, *Mixture toxicity. Empirical studies with defined chemical mixtures in rats* (Proefschrift Universiteit Utrecht 2003).
 - J. Jonker, *Van RVO tot HDO. 40 jaar Defensieonderzoek TNO* (Den Haag 1987).
 - Jubileumnummer, *Promotive ATC 2002-2007* (april 2007).
 - *Jubileumuitgave TNO-Nieuws* (juni 1972), 327-343.
- A. Kamp, M. Dobber en R. van der Linden, 'Sciamachy Ready for Launch', paper gepresenteerd op het 50th International Astronautical Congress, 4-8 Oct. 1999, Amsterdam.
 - E. Kampelmacher, 'Die Leute sagen immer...' [Afscheidsrede als buitengewoon hoogleraar in de levensmiddelenmicrobiologie en -hygiëne aan de LH Wageningen (6 juni 1985)] (Wageningen 1985).
 - T.J. van Kasteel, 'Ontstaan en groei van TNO', in: *Een kwart eeuw TNO, 1932-1957* (Den Haag 1957), 9.
 - H. Kemper, W. Ooijendijk en M. Stiggelbout, 'Nederlandse Gezond Beweeg Norm', in: *Tijdschrift voor Sociale Gezondheidszorg* 78 (2000), 180-183.
 - J. Kennedy, *Nieuw Babylon in aanbouw* (Amsterdam 1995).
 - L.J. Klaver, 'In Search of Radar', in: F.O.J. Bremer, P. van Genderen (red.), *Radar Development in the Netherlands* (Amsterdam 2004), 37-42.
 - A. de Knecht-Van Eekelen, 'Geschiedenis van het genezen; de behandeling van tuberculose in Nederland rond 1900', in: *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 140 (1996), 2195-2199.
 - A. de Knecht-van Eekelen, 'Het denken over vetten en cholesterol in de twintigste eeuw', in: A.P. den Hartog (red.), *De voeding van Nederland in de twintigste eeuw* (Wageningen 2001), 61.
 - A. de Knecht-van Eekelen, D.W. van Bekkum, '60 jaar pionieren in de medische biologie', in: *Bi-logical* 3

- (2011), no. 2, 22-28.
- P.D. Koogh, *25 jaar Keuringen bij IW-TNO. Inleiding bij de bijeenkomst over keuringen bij TNO* (Delft 1990).
 - R. Korevaar, 'Extreme marktgerichtheid onderzoek benadeelt midden- en kleinbedrijf', in: *Toegepaste Wetenschap* (mei 1985), 17.
 - *Krachtig naar de top. Het nieuwe bedrijvenbeleid in actie(s)* (Den Haag 2011).
 - H.R. Kruyt, (1939). *Zuivere wetenschap, toegepaste wetenschap en wetenschapstoepassing* (Utrecht 1939).
 - F. Kuitenbrouwer, 'Half-blind stommelt Nederland de informatie-maatschappij binnen', in: *TNO Project* (1978), 276-281.

 - A. Lakwijk, G. van de Schootbrugge en H. van Wijk, *TNO en Co: de praktijk van kennisontwikkeling met cofinanciering door bedrijven. Strategie en Programma TNO* (Delft 2001).
 - C.D. de Langen, 'Het probleem van de steeds wassende stroom van moderne geneesmiddelen', in: *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 98 (1954), 334-338.
 - J. Langenberg, *Chemische be- en ontwapening* (collegedictaat Techniek, Vrede en Veiligheid, Eindhoven 2011).
 - A. Lazet, 'Ergonomisch onderzoek betreffende scheepsbruggen', in: A. van Meeteren en W.A. Wagenaar, *Onderzocht en toegepast* (z.pl. 1981), 63-76.
 - A. Lazet, 'Technisch-menskundige factoren bij scheepsautomatisering', in: *Instituut voor Zintuigfysiologie*, (Soesterberg z.j.), 13-16.
 - H.J. Leebeek, 'Ergonomie in een havenmond', in: *Jubileumnummer*, 254-259.
 - D. Leegwater, 'Preliminary study on the *in vitro* digestion of a number of chemically modified starches' [Ongepubliceerd CIVO-TNO rapport no. R. 3431] (1971).
 - D. Leegwater e.a., 'On the aetiology of caecal enlargement of rats on diets with chemically modified starches', in: *Food and Cosmetics Toxicology* 12 (1974), 687-697.
 - D. Leegwater e.a. (red.), *Low digestibility carbohydrates. Proceedings of a workshop held at the TNO-CIVO Institutes, Zeist, the Netherlands, 27-28 November 1986* (Wageningen 1987).
 - D. Leegwater en J. Luten, 'A study on the *in vitro* digestibility of hydroxypropyl starches by pancreatin', in: *Stärke* 23 (1971), 430.
 - F.K. Ligtenberg, 'Bouwresearch, nu en straks?', in: *TNO Project* 5 (1977) no. 3, 93.
 - H. Lintsen, *Op zoek naar de oorsprong van de Nederlandse kenniseconomie. Een essay geschreven in opdracht van TNO* (Eindhoven 2011).
 - H. Lintsen (red.), *Techniek in actie. Een geschiedenis van TNO Industrie en Techniek* (Eindhoven 2007).
 - H. Lintsen en anderen, *Made in Holland. Een techniekgeschiedenis van Nederland [1800-2000]* (Zutphen 2005).
 - H. Lintsen en H. Schippers (red.), *Gedreven door nieuwsgierigheid. Een selectie uit 50 jaar TU/e-onderzoek* (Eindhoven 2006).
 - H.W. Lintsen en M. Teeselink, 'Historische breuklijnen', in: H.W. Lintsen en H. Schippers (red.) *Gedreven door nieuwsgierigheid: een selectie uit 50 jaar TU/e-onderzoek* (Eindhoven 2006), 77-87.
 - M.R.H. Löwik en R.J.J. Hermus, 'The Dutch nutrition surveillance system', in: *Food Policy* (nov. 1988), 361-362.

 - E. Mansfield, 'Academic research and industrial innovation', in: *Research Policy* 20 (1991), nr 1, 1-12.
 - J. Meinardi, "'War games" – De computer bootst vele oorlogshandelingen na', in: *TNO Project* (1978), 290-294.
 - A. Mensen en W. van Rijjt-Veltman, *De kortste route naar een kennisrijk MKB. Onderzoek naar effectieve kennisoverdracht naar het (procesvolgend) MKB* (Zoetermeer 2003).
 - M.A.J. Michels, *Ketens van onderzoek*, oratie (Eindhoven 1999).
 - M. Michiels en H. Dekkers, *Leven met leer. Persoonlijke verhalen uit de Langstraatse schoenen- en lederindustrie* (Waalwijk 2010), 10-17.
 - 'Micro-elektronica en vervreemding', redactionele inleiding bij *TNO Project* 8 (1980), 3.
 - Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, *Bedrijfslevenbrief* (Den Haag 2011).
 - Ministerie van Economische Zaken, *In actie voor innovatie: Aanpak van de Lissabon-ambitie* (Den Haag 2003), drie delen.
 - *MKB-kenniscirkels. Waar zoekt het MKB welke kennis?* (Zoetermeer 1999).
 - Joel Mokyr, *The lever of riches. Technological creativity and economic progress* (Oxford 1990).
 - Joel Mokyr, *The enlightened economy. An economic history of Britain 1700-1850* (London 2009).
 - L. Molenaar, 'Wij kunnen het niet langer aan de politici overlaten': *de geschiedenis van het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers* (Delft 1994).
 - A. de Mooij, 'De organisatie van het toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek', in: *De Ingenieur* 52 (1937), nr. 9, T1-T9: T6.
 - D. Mossel en F. Nelemans, 'De toevoeging van chemische verbindingen zonder voedingswaarde aan levensmiddelen, gezien van het standpunt der volksgezondheid', in: *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* 98 (1954), 2577-2588.
 - F. van der Most, E. Homburg, P. Hooghoff en A. van der Schelm, 'Nieuwe synthetische producten: plastics en wasmiddelen na de Tweede Wereldoorlog', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2000), Deel II, 359-365.
 - T. Mulder, '25 jaar Voedingsraad in Nederland', in: *Voeding*, 26 (1965), no. 6, 313.

 - *News Release, Insurance Institute for Highway Safety*, 13 juni 2006.
 - H. Nietsch, 'Een leven lang in het gif', *Trouw* (13 maart 1993).
 - H.A.W. Nijveld, 'Bijna een halve eeuw TNO - het lief en leed van een onderzoeksorganisatie', in: *TNO Project* (1980), 10, 361-366.

- 'Officiële opening van het Laboratorium Experimentele Gerontologie TNO', in: *TNO Contact* (nov. 1968), 196-199.
- 'Offshore belangrijk voor Nederlandse economie', in: *Toegepaste Wetenschap* (1994), 28-30.
- R. Oldenzien en M. Veenis, 'De oorlogseconomie: zuinigheid en noodgedwongen vindingrijkheid, 1940-1945', in: J. Schot, H. Lintsen en A. Rip, *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Zutphen 2001), Deel IV, 98-101.
- *Onderzocht en toegepast* (z.pl. 1981).
- A. Oomen, *Determinants of oral bio-availability of soil-borne determinants* (Proefschrift Utrecht 2000).
- 'Oprichting Platform Nederland Radarland', Persbericht van het Ministerie van Defensie DV/ PB/34, 28-05-2002.
- B. van Otterdijk e.a., *TNO Defence: radar* (ongepubliceerde scriptie Technische Universiteit Eindhoven, faculteit Elektrotechniek, 2011).
- 'Oud of Out', in: *TNO Contact* (mei 1972), 82-83.
- 'Ozonlaag aan de monitor', in: L. Crouzen e.a., *Sterke staaltjes. Vijftig voorbeelden van vernieuwing uit de wereld van TNO* (Delft 1997).

- J. Pasman, '150 jaar technologische research', in: Th.M. Groothuizen (red.), *Prins Maurits Laboratorium TNO. Veelzijdig en dynamisch* (Rijswijk 1988), 11-13.
- Persoonlijke notitie van ir. J.H. Hanssen, *TPD-scheepsakoestiek markant* (Monster, 3 april 2011).
- *Persoonlijkheden in het koninkrijk der Nederlanden* (Amsterdam 1938).
- N.A. Pikaar, *De bepaling van de vetzuren in bloedserum. The determination of the fatty acids in blood serum* (Proefschrift Universiteit Utrecht 1957).
- R. Plomp en G.F. Smoorenburg, 'Het verstaan van spraak in lawaai als criterium voor slechthorendheid', in: A. van Meeteren en W.A. Wagenaar, *Onderzocht en toegepast* (z.pl. 1981), 89-98.

- Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid, 'Advies inzake innovatie, in het bijzonder industriële innovatie', in: *Maatschappijbelangen* (1973), no.7, 300-305 en (1973), no.8, 344-348.
- Kiril Z. Rangelov, *Simulink Model of a Quarter-Vehicle* (Eindhoven 2004), 3, Website Bosch, ABS Systems.
- 'Rapport commissie-Rathenau: "Niet afwachten of afremmen, maar actief meedoen met micro-electronica"', in: *TNO Project* 8 (1980), 44-45.
- *Rapport der commissie, ingesteld bij beschikking van zijne excellentie, den minister van onderwijs, kunsten en wetenschappen en zijne excellentie, den minister van binnenlandsche zaken en landbouw, dd. 30 juni 1923.*
- Rapport van de Spuurwerkcommissie, *Het industriële onderzoek- en ontwikkelingswerk in Nederland* (Haarlem 1967).
- G.W. Rathenau, Adviesgroep maatschappelijke gevolgen van de micro-elektronica, *Verslag van de Adviesgroep maatschappelijke gevolgen van de micro-electronica* (z.pl. 1979).
- Lucas Reijnders, Rob Sijmons e.a., *Voedsel In Nederland. Gezondheid, bedrog en vergif* (Amsterdam 1973).
- Bart Reijnen, 'De familie Botspop', in: *Elsevier Thema* (april 2007), 58-61.
- P. Reuzel e.a., 'Chronic inhalation toxicity and carcinogenicity study of methyl bromide in Wistar Rats', in: *Food and Cosmetics Toxicology* 29 (1991), 31-39.
- R.B.M. Rigter, 'De Gezondheids- en Voedingsraad in Oorlogstijd', in: *Tijdschrift GeWiNa* 14 (1991), no. 4, 231.
- P. Rijkens, 'De economische politiek', in: A.A. van Rhijn (red.), *Nieuw Nederland. Bijdragen van buiten bezet gebied in verband met den wederopbouw van ons land* (New York 1944).
- A. van Rooij, *Getting a grip on valorization* (forthcoming).
- H. Roozenbeek, J. van Woensel, *De geest in de fles* (Amsterdam 2010).
- J.C.C. Rupp, *Van oude en nieuwe universiteiten. De verdringing van Duitse door Amerikaanse invloeden op de wetenschapsbeoefening en het hoger onderwijs in Nederland, 1945-1995* (Den Haag 1997).
- J. Ruwette, *Innovatiebeleid in Nederland: de nationale vertaling van het Lissabon akkoord* (Erasmus Universiteit, masterscriptie Arbeid, Organisatie en Management, Rotterdam 2005).

- A.J. Salter en B.R. Martin, 'The economic benefits of publicly basic research: a critical review', in: *Research Policy* 30 (2001), 509-532.
- 'Satellietinstrument Sciamachy meet luchtverontreiniging', KNMI-website (geraadpleegd 22 juni 2007).
- H. Schippers, 'Botsen voor de veiligheid', in: H.W. Lintsen en H. Schippers (red.), *Gedreven door nieuwsgierigheid, een selectie uit 50 jaar TU/e onderzoek* (Eindhoven 2006), 171-178.
- G.A. van Schootbrugge, *50 jaar TPD. Een halve eeuw natuurkunde voor de praktijk* (Delft 1991).
- Gerard van de Schootbrugge, 'Letselbiomechanica draagt bij tot verkeersveiligheid', in: *Toegepaste Wetenschap* (mei 1990).
- J. Schot en A. Rip, 'Techniek en de geschiedenis van Nederland in de twintigste eeuw', in: J.W. Schot, H. Lintsen en A. Rip (red.), *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Eindhoven/ Zutphen 2001), deel VII, 26-34.
- J.W. Schot, G.P.A. Mom, R. Filarski, P.E. Staal, 'Concurrentie en afstemming: water, rails, weg en lucht', in: J.W. Schot, H. Lintsen en A. Rip (red.), *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* (Eindhoven/Zutphen 2002), deel V, 19-43.
- H. Schuffel, 'Onderzoek naar de brug van fregatten', in: W.I. Smith, P. van Wezenberg (eindred.), *Effectieve defensie is een kwestie van vooruitzien. 50 jaar defensieonderzoek in TNO* (z.pl. 1997), 87-89.
- 'A Scientific Basis for the Risk Assessment of Vinyl Chloride' [Developed jointly by the members of the Committee on the Evaluation of Carcinogenic Substances, National Health Council of the Netherlands], in: *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 7 (1987), 120-127.
- *Self-assessment TNO. Final report* (Delft 2003).
- E. Sinkeldam e.a., 'Interactions between dietary fat and fiber in relation to colon cancer: experimental studies

- in the rat', in: T. Taylor en N. Jenkins, *Proceedings of the XIIIth International Congress of Nutrition* (1985), 570-572.
- J. Sizoo, 'TNO ten dienste van de Rijksverdediging', in: *Een kwart eeuw TNO* (Den Haag 1957), 104.
- W.I. Smith, P. van Wezenberg (eindred.), *Effectieve defensie is een kwestie van vooruitzien. 50 jaar defensieonderzoek in TNO* (z.pl. 1997).
- Van Soest e.a., *Fysisch Laboratorium TNO, 1927-1977* (Den Haag 1977).
- J.L. van Soest e.a., 'Uit de geschiedenis van het Fysisch Laboratorium 1927-1948' (manuscript), 49-50, Archief TNO-Museum Waalsdorp (Den Haag).
- L. Soete, 'Technologie en economie. Een onderzoeksagenda', in: *Tijdschrift voor Politieke Economie* 11 (1988), nr. 2, 51.
- G. Somsen, 'Hoge school en maatschappij. H. R. Kruyt en het ideaal van wetenschap voor de samenleving', in: *Gewina* 17 (1994) nr. 3, 162-176.
- G.J. Somsen, 'Selling science: Dutch debates on the industrial significance of university chemistry', in: A.S. Travis, H.G. Schröter & E. Homburg, (red.), *Determinants in the evolution of the European chemical industry, 1900-1939: New technologies, political frameworks, markets and companies* (Dordrecht 1998), 123-168.
- G.J. Somsen, 'Wetenschappelijk onderzoek en algemeen belang': *de chemie van H.R. Kruyt (1882-1959)* (Delft 1998).
- 'Speurwerk op het gebied van bouwen', in: *TNO-Nieuws* 20 (1965), 740.
- B. Spit e.a., 'Ultrastructure of Hepatic Angiosarcoma in rats induced by vinyl chloride', in: *Experimental and molecular pathology* 35 (1981), 277-284.
- T. Staarink, *Voeding en gezondheid in Nederland in de 20^e eeuw. Tussen wetenschap en maatschappij* (z.pl. z.jr.).
- C. Staf, 'De Defensie over TNO', in: *Een kwart eeuw TNO* (Den Haag 1957), 73.
- 'Stereolithografie levert binnen enkele uren fysiek produktmodel. CAD-Centrum TNO start eerste modellering jobshop in Nederland', in: *Toegepaste Wetenschap* (mei 1991), 4-6.
- *Strategisch Plan TNO Industrie en Techniek 2007-2010* (z.pl., z.j.).
- L. Struik, *Lecture at DPI meeting, Maastricht, 21 Nov. 2007* (typoscript).
- L.C.E. Struik, *Polymeerfysika, terugblik op 22 jaar Twente, afscheidscollage* (z.pl. 2007).
- *Technologische Innovatie*, Tweede Kamer, zitting 1979-1980, 15855, nr. 2 (ook wel bekend als *De Innovatienota*).
- 'Terug naar de Gilden', in: *De Nieuwe Rotterdamse Courant* (datum onbekend).
- J.W. Tesch, 'Tien jaar Gezondheidsorganisatie T.N.O.. Terugblik en oriëntatie', in: *TNO-Nieuws* (1960), 511.
- J.W. Tesch, 'Uit de geschiedenis van de Gezondheidsorganisatie TNO. Groei en stabilisatie?', in: *TNO Project. Tijdschrift voor toegepaste wetenschappen* 3 (1975), vol. 5, 184-185.
- H.P. Til, *Toxicologisch onderzoek naar de werking van sulfiet bij ratten, varkens en kwartels* (Proefschrift Utrecht 1970).
- H. Til e.a., 'Chronic (89-week) feeding study with hydroxypropyl distarch phosphate, starch acetate, lactose and sodium alginate in mice', in: *Food and Cosmetics Toxicology* 24 (1986), 825-834.
- H. Til e.a., 'Lifetime (149-week) oral carcinogenicity study of vinyl chloride in rats', in: *Food and Cosmetics Toxicology* 29 (1991), 713-718.
- H. Til, V. Feron en A. de Groot, 'The Toxicity of Sulphite. I. Long-term Feeding and Multigeneration Studies in Rats', in: *Food and Cosmetics Toxicology* 10 (1972), 291-310.
- 'T.N.O.', in: *De Nederlandse Werkgever*, 5 (2 februari 1939).
- 'TNO adviseert ASM Lithography. Chips steeds kleiner, technische problemen steeds groter', in: *TNO magazine* (september 1998), 26.
- 'TNO betrokken bij drie experimenten van André Kuipers', *Persbericht TNO*, 13 april 2004.
- 'TNO-brede expertise voor "zilveren golf"', in: *Toegepaste Wetenschap* (augustus 1995), 23.
- TNO Brochure, *GeoTOP. Driedimensionale modellering van de bovenste 30 meter van de Nederlandse ondergrond* (2010).
- 'T.N.O.-Centrale Organisatie. Het "j'accuse" van de scheidende Voorzitter', in: *De Ingenieur* 54 (1939), nr. 20, A191-A192.
- 'TNO-IW introduces quality guidelines for child's seats on bicycles', in: *By the Way* (juni 1988).
- 'TNO-onderzoek voor ons van commercieel belang' [interview met directeur marketing M.van Ham van Danone], in: *Toegepaste Wetenschap*, april 1996, 12-13.
- 'TNO presenteert IT&T op Hannover Messe', Bijlage bij: *Toegepaste Wetenschap* (april 1993).
- 'TNO Road-Vehicles Research Institute passes prestigious performance milestone', in: *By the Way*, (juni 1996).
- *TNO Strategisch Plan 2011-2014. Innoveren met impact* (z.pl. 2010).
- *TNO werkt voor het MKB. Samen werken aan kennis maken* (Delft 2006).
- *TNO-wet* (z.pl. 1986).
- 'Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek', in: *Het Vaderland, Avondblad A en Avondblad D* (9 mei 1939).
- *Toen. Nu. TNO. 75 jaar TNO-onderzoek voor overheid, bedrijfsleven en samenleving* (z.pl. 2007).
- *Toppresentaties in de maakindustrie. Innoveren met impact* (Delft 2011).
- *TPD Middellange termijn planning 1996-2000*.
- 'Trip aan de voorzitter van de RAWB, 17 januari 1977.' Afdrukt in: *Advies herstructurering TNO, 's-Gravenhage, 1977*. Publikaties van de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid, no. 4. Geen paginanummers.
- W. Turkenburg, 'De concrete wisselwerking tussen natuurkunde en militaire aangelegenheden', in: *Wetenschap & Samenleving* (mei 1980), 13-21.

- 'U. Involved in chemical tests on prisoners', in: *The Daily Pennsylvanian*, d.d. 19-5-1995.
- 'Unieke kennis TNO helpt onderzoek Ozonlaag', in: *TNO Magazine*, december 2005, 6.
- E.J. Velzing, *Invloed op innovatie? Een reconstructie van het innovatiebeleid van het ministerie van Economische Zaken van 1979 tot 2010* (werktitel proefschrift, Amsterdam, publicatie verwacht in 2013).
- F. Veraart, *Vormgevers van Persoonlijk Computergebruik: de ontwikkeling van computers voor kleingebruikers in Nederland, 1970 - 1990* (Eindhoven 2008).
- *Verslag over de jaren 1945 en 1946 van de Organisatiecommissie Gezondheidstechniek TNO*.
- A. Versleijen (red.), *Dertig jaar publieke onderzoeksfinanciering 1975-2005. Historische trends, actuele discussies* (Den Haag 2007).
- *Vijftig jaar mensenwerk* (Soesterberg 1998).
- F.E.van Vliet, *Microwaves. When waves matter* (Enschede 2009).
- I.P. de Vooijs, *Nota over de nationale Organisatie van Wetenschappelijk Technisch Werk* (1 december 1920). Beschikbaar bij de bibliotheek van de Technische Universiteit Delft onder de titel: *Rapport over het toeg. natuurw. ond. in Nederland*.
- J.J. Vos, 'Kwaliteitsverbetering van de leeskaart bij de oogarts', *Instituut voor Zintuigfysiologie* (Soesterberg z.j.), 45-48.
- J.J. Vos, D. van Norren en J. Boogaard, 'Het testen van de gezichtscherpte', in: A. van Meeteren en W.A. Wagenaar, *Onderzocht en toegepast* (z.pl. 1981), 51-62.
- Noud de Vreeze (red.), *6,5 miljoen woningen. 100 jaar Woningwet en wooncultuur in Nederland* (Rotterdam 2001).
- *Waardering van medische gegevens uit ziekenhuizen* (Assen 1958) [Publikaties van de Gezondheidsorganisatie TNO, no. 1. serie A, Algemene Onderwerpen].
- *Waardevol. Indicatoren voor Valorisatie* (Utrecht 2011).
- B. van Wayenburg, *NRC-Handelsblad*, 1 september 2001.
- J. van der Weide, 'Verbrandingsmotoren', in: *Manu TNO-WT*.
- *Werk maken van kennis: TNO-strategie 2000* (Delft 1994).
- *Werkplan TPD 1977*.
- J. Wessels, 'Impuls voor ondergronds bouwen', in: *TNO-magazine* (maart 2006), 10-11.
- *Wet van den 30sten October 1930, tot regeling van het toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek* (S. 416).
- 'Wetenschap en Maatschappij', in: *De Groene Amsterdammer* (11 november 1939).
- R. Wevers, 'Bodem- en ondergrondgegevens. DINO en BIS samen in Basisregistratie', in: *GIS* (2011).
- P. van Wezenberg (eindred.), *Defensie en TNO: een vitaal partnerschap. 60 jaar toegepast onderzoek* (z.pl. 2007).
- P. van Wezenberg, 'De specialisten van TNO weten echt waarover ze het hebben' in: *TNO-Magazine*, maart 2008.
- B. Willink, *De tweede gouden eeuw. Nederland en de Nobelprijzen voor natuurwetenschappen 1870-1940* (Amsterdam 1998).
- R. Woutersen, *De mens als proefdier. Inaugurele rede bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar Translationele Toxicologie* (Wageningen 2009).
- R.S.H. Yang, 'Some current approaches for studying combination toxicology in chemical mixtures', in: *Food and Chemical Toxicology* 34 (1996), 1037-1044.
- J.L. van Zanden, *Een klein land in de 20^e eeuw. Economische geschiedenis van Nederland 1914-1995* (Utrecht 1997).
- Jan Luiten van Zanden, *The long road to the industrial revolution. Institutions and human capital formation in Europe in a global perspective, 1000-1800* (Leiden 2009).
- J.L. van Zanden en R.T. Griffiths, *Economische geschiedenis van Nederland in de 20^e eeuw* (Utrecht 1989).
- M. van Zelm, '40 jaar chemisch onderzoek in Nederland', in: Th.M. Groothuizen (red.), *Prins Maurits Laboratorium TNO. Veelzijdig en dynamisch* (Rijswijk 1988), 15-17.
- M. Zijlmans, 'Ziek van reizen', in: *De Volkskrant*, 23 maart 2011.
- H. van Zon, *80 jaar RIVM* (Assen 1990), 179-181, 375-401.
- H. van Zwet, (eindred.), *Een andere wereld, een andere defensie* (Den Haag 1993).

TNO-ARCHIEVEN IN HET NATIONAAL ARCHIEF (DEN HAAG)

- Archief van de Centrale Organisatie TNO, 1930-1971
- Archief van de Nijverheidsorganisatie TNO, 1932-1981
- Archief van de Voedingsorganisatie TNO, 1940-1980
- Archief van de Landbouworganisatie TNO, 1943-1985
- Archief van de Landbouwnijverheidsorganisatie TNO, 1944-1958
- Archief van de Gezondheidsorganisatie TNO, 1948-1980
- Archief van de Organisatiecommissie voor de Visserijen TNO, 1948-1962
- Archief van de Medisch Fysische Afdeling/ Medisch Fysisch Instituut TNO, 1951-1966
- Archief van het Instituut voor Gezondheidstechniek TNO, 1939-1965
- Archief van het Instituut voor Bouwmaterialen en Bouwkundige Constructies TNO, 1951-1963
- Archief van het Analytisch Instituut TNO, 1955-1962
- Archief van het Vezelinstituut TNO, 1941-1963
- Archief van het Verfinstituut TNO, 1951-1964
- Archief van het Rubberinstituut TNO, 1942-1964
- Archief van het Lederinstituut TNO, 1943-1962
- Archief van het Kunststoffeninstituut TNO, 1941-1963
- Archief van het Houtinstituut TNO, 1942-1963
- Archief van het Proefstation voor Verpakkingen, 1945-1963
- Archief van het Nederlands Instituut voor Preventieve Geneeskunde, 1960-1970
- Archief van het Rheumatiefonds J. van Breemen, 1952-1961
- Archief van de Radiobiologische Afdeling/ Radiobiologisch Instituut, 1953-1965
- Archief van het Centraal Proefdierenbedrijf, 1958-1965
- Archief van de sectie Landbouwkundig Onderzoek, 20^e eeuw
- Archief van de Afdeling Gezondheidsresearch, 1970-1980
- Archief van het Instituut Graan, Meel en Brood TNO, 1953-1960
- Archief van de Afdeling Warmtetechniek van het Centraal Technisch Instituut TNO en voorgangers, 1919-1967
- Archief van het Keramisch Instituut, 1947-1962
- Archief van de Algemene Technische Afdeling TNO, 1945-1954
- Archief van het Centraal Technisch Instituut TNO, 1947-1963
- Archief van het Centraal Instituut voor Materiaalonderzoek TNO, 1930-1975
- Archief van het Corrosie Instituut TNO, 1947-1956
- Archief van Interne onderzoeksrapporten van het Gieterijcentrum TNO, 1955-1958
- Archief van de Projectgroep Kernenergie TNO, 1965-1977
- Archief van het Metaalstituut TNO, 1951-1974

TNO-JAARVERSLAGEN

- Jaarverslagen van de Centrale Organisatie TNO en de Bijzondere Organisaties TNO (in een band), 1932-1964
- Afzonderlijke jaarverslagen van de Centrale Organisatie TNO en de Bijzondere Organisaties TNO, 1965-1980
- Jaarverslagen TNO, 1981-

ALGEMENE TNO-TIJDSCRIFTEN

- TNO-nieuws, 1946-1972
- TNO-project: tijdschrift voor toegepaste wetenschap, 1973-1984
- Toegepaste wetenschap: TNO magazine, 1985-1999
- TNO magazine, 1999-2004
- TNO magazine: TNO informatie en communicatietechnologie, 2005- 2010
- TNO time, 2011-

LIJST VAN TABELLEN, GRAFIEKEN EN SCHEMA'S

- Tabel 1.1: De nieuwe strategie van TNO: 7 hoofdthema's en 20 innovatiegebieden
- Tabel 1.2: Omzet van TNO naar inkomstenbron (2010)
- Tabel 1.3: Contractonderzoek van TNO naar type opdrachtgever (2010)
- Tabel 1.4: Omzet contractonderzoek van TNO bij Nederlandse bedrijven naar sector in procenten (2008)
- Tabel 1.5: De vijf grootste zelfstandige onderzoeksinstituten van Nederland in 2010
- Tabel 1.6: De tien grootste industriële laboratoria van Nederland in 2010
- Tabel 2.1: Laboratoria in Nederland vóór en rond 1940
- Tabel 2.2: Begrote uitgaven, inkomsten en subsidies voor 1938 betreffende organisaties voor onderzoek, waarbij het rijk betrokken was (in guldens)
- Tabel 2.3: Rijkssubsidies voor (toegepast) onderzoek naar sector in 1938
- Tabel 2.4: De omzet van de Centrale Organisatie en de Bijzondere Organisaties van TNO in 1960 in euro's (prijsspeil 2010) en procenten
- Tabel 3.1: Inkomsten van de Nijverheidsorganisatie TNO in 1955 naar financieringsbron
- Tabel 3.2: Onderdelen van de industrie gerangschikt naar sterke en zwakke bedrijfstakken, 1953-1973 (getallen in procenten)
- Tabel 3.3: Collectieve onderzoeksprojecten van het Kunststoffeninstituut TNO in 1955
- Tabel 3.4: Collectieve onderzoeksprojecten van het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies in 1965
- Tabel 3.5: Aan de bouw gerelateerd onderzoek bij TNO, circa 1965
- Tabel 3.6: Collectieve onderzoeksprojecten van het Leerinstituut TNO in 1960
- Tabel 3.7: Omzet van verschillende instituten van de Nijverheidsorganisatie TNO in 1955
- Tabel 3.8: Instituten en andere organisaties van de Nijverheidsorganisatie TNO naar grootte van omzet in 1955
- Tabel 5.1: De voorzitters van de Centrale Organisatie TNO en van de Raad van Bestuur TNO, 1932-2012
- Tabel 7.1: De omzet en het aantal medewerkers van de Business Unit Automotive in 2006
- Tabel 8.1: Inkomsten van de Bijzondere Organisaties van TNO in 1964 in procenten
- Tabel 8.2: Onderzoeksprojecten en -thema's van de Voedingsorganisatie TNO in 1965
- Tabel 8.3: Indeling van het onderzoek van de Voedingsorganisatie TNO van 1940 tot 1977
- Tabel 9.1: Rangorde in de risicoperceptie van voedsel voor de gezondheid door de wetenschap en het publiek, circa 1980
- Tabel 10.1: Onderzoeksthema's van de Gezondheidsorganisatie TNO in 1955
- Tabel 10.2: Door de Gezondheidsorganisatie TNO gesubsidieerd onderzoek tussen 1950 en 1956
- Tabel 10.3: De Gezondheidsorganisatie TNO in 1970
- Tabel 10.4: Verdeling van de middelen binnen de Gezondheidsorganisatie TNO in 1970
- Tabel 14.1: Personeelsbestand van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO naar laboratorium in 1952
- Tabel 20.1: Projecten en thema's van collectief onderzoek van verschillende TNO-instituten en -organisaties naar type onderzoek in procenten (1955-1965)
- Tabel 20.2: Deelname van TNO in commissies en werkgroepen van het Nederlands Normalisatie-instituut in 2011
- Tabel 20.3: Representatieve verdeling van de omzet van TNO naar collectief onderzoek, contractonderzoek en ander type onderzoek, 2007-2010
- Grafiek 2.1: Het aantal werknemers van TNO van 1932 tot 2010
- Grafiek 2.2: De omzet van TNO van 1932 tot 2010 in miljoen euro's (prijsspeil 2010)
- Grafiek 3.1: Het relatief belang van overheidsfinanciering voor TNO.
- Schema 1.1: De nieuwe organisatiestructuur van TNO (2011)
- Schema 2.1: Organisiestructuur TNO in 1965
- Schema 5.1: De ontwikkelingen van de organisatiestructuur van TNO

› VERANTWOORDING

De geschiedenis van de Nederlandse kennisinfrastructuur moet nog geschreven worden. Dat is verwonderlijk, omdat onderzoek en ontwikkeling vanaf het einde van de jaren zestig voortdurend ter discussie hebben gestaan. Veel van die debatten misten (en missen) enig historisch inzicht in het functioneren van onderzoeksinstituten en onderzoeksgroepen. Dat gold (en geldt) ook voor de debatten over TNO. Toch werden er met veel bravoure stellingen geponeerd over de geringe marktgerichtheid van Grote Technologische Instituten en TNO, de beperkte aansluiting van het universitair onderzoek op behoeften van de samenleving, de teloorgang van de Nederlandse wetenschap, de gebrekkige kennisvalorisatie, de innovatieparadox, het wispelturig technologiebeleid van Economische Zaken, et cetera. Dergelijke thema's vragen om een historische analyse. 'Tachtig jaar TNO. 1932-2012' wil hieraan een bijdrage leveren.

Kennisinstellingen vormen het hart van de kennisinfrastructuur. De geschiedschrijving ervan bestaat uit een variëteit aan brokstukken: feestelijke gedenkschriften van een instituut, korte monografieën van een laboratorium, verhalenbundels van onderzoeksprojecten en prestigieuze gedenkboeken over de bestuurlijke en organisatorische geschiedenis van een kennisinstelling. De meest waardevolle bijdrage aan de debatten bestaat echter uit een 'integrale' geschiedschrijving. Zo'n geschiedschrijving ontwikkelt zich langs twee onderzoekslijnen.

De eerste lijn is de institutionele geschiedenis: de oprichting van de kennisinstelling, de missie en de doelstellingen, de organisatiestructuur en het onderzoeksbeleid, de onderzoeksdomeinen en de laboratoria, de breekpunten in de geschiedenis van de organisatie en al deze thema's geplaatst in hun relevante, maatschappelijke context.

De tweede onderzoekslijn heeft het onderzoek en de onderzoekers als uitgangspunt, die in minstens drie contexten worden geplaatst:

- a. De technisch-wetenschappelijke context (Hoe stond de kennisontwikkeling van de groep in relatie tot de technisch-wetenschappelijke ontwikkeling? In hoeverre putte de onderzoeksgroep zijn kennis uit het publieke kennisdomein? In hoeverre leverde de onderzoeksgroep bijdragen aan dat domein?).
- b. De context van de kennisinfrastructuur (Hoe was de onderzoeksgroep ingebed in de kennisinstelling? Hoe was de verhouding van de onderzoeksgroep tot andere kennisinstellingen? Waarin onderscheidde het onderzoek van de groep zich van dat van andere instellingen? Welke unieke positie nam de groep in binnen de kennisinfrastructuur?).
- c. De sociaal-economische context (Hoe ontwikkelde de onderzoeksgroep zich in relatie tot de markt? In welke industriële of maatschappelijke sectoren was de groep actief en hoe ontwikkelden die sectoren zich? Hoe was de relatie met de belangrijkste opdrachtgevers? Wie waren de belangrijkste concurrenten? Wat was de rol van de overheid? Welke politieke en culturele factoren hebben de onderzoeksactiviteiten beïnvloed?).

Zelden is er sprake van zo'n integrale geschiedschrijving, ook niet bij dit boek over de geschiedenis van TNO. Aan de tweede onderzoekslijn van de integrale geschiedschrijving zijn we nauwelijks toegekomen. Dat is niet zo verwonderlijk. In de proloog van dit boek wordt opgemerkt dat een geschiedschrijving van TNO feitelijk onmogelijk is. TNO kent tegenwoordig circa 70 expertisegroepen. Over de gehele periode sinds de oprichting van TNO zullen dat er minstens twee keer zoveel zijn geweest. Het is natuurlijk onmogelijk om van ieder van die expertisegroepen de tweede onderzoekslijn te volgen. Zelfs voor een 'representatieve steekproef' lukt dat niet. Weliswaar neemt het onderzoek in dit boek een prominente plaats in, maar de onderzoeker komt niet aan bod. Het menselijk gezicht van onderzoek is daarom helaas niet zichtbaar aanwezig. Ook die geschiedenis moet nog worden geschreven.

Het ontbreken van wezenlijke thema's had niet alleen te maken met de complexi-

teit van TNO en de beperkte onderzoekstijd, maar ook met de stand van zaken van de TNO-geschiedschrijving. Historische basisgegevens over de geschiedenis van TNO ontbraken bij de aanvang van het onderzoek. De inzet van dit boek was allereerst een institutionele geschiedenis ofwel een ordelijke reconstructie van de ontwikkeling van TNO te realiseren. Dit 'handwerk' moest eerst geschieden. Het boek reikt daarmee een kader aan voor vervolgstudies over TNO.

Daarnaast werd er op sommige instituten en expertisegroepen meer in detail ingegaan om zo meer greep te krijgen op de dynamiek van het onderzoek. Dit alles maakte het toch mogelijk om een epiloog te schrijven over de geschiedenis van TNO in relatie tot belangrijke thema's als het nut van onderzoek, de sturing in onderzoek en de relevantie van onderzoek voor het midden- en kleinbedrijf.

Het was voor de onderzoekers onmogelijk om de algemene TNO-geschiedenis alleen uit de openbare documenten te reconstrueren. Zij hadden de hulp van veel personen van binnen en buiten de organisatie nodig. Die hulp werd met grote bereidwilligheid verleend.

Algemeen commentaar op de tekst leverden A. Lakwijk en P. de Haan, terwijl R. Arlman en G. van den Schootbrugge deel III en uitvoerig de Epiloog becommentarieerden. Delen van de tekst zijn gelezen en van opmerkingen voorzien door J. Louwe (hfst. 20 en 21), E. Drop (hfst. 19), L. Struik (kunststoffen in hfst. 3 en 5), J-A. Boswinkel (bouw in hfst. 3 en 5), J. Witteveen (bouw in hfst. 3 en 5), P. van der Koogh (hfst. 7), F. Heidekamp (deel II), V. Feron (hfst. 8, 9 en 13), F. de Vrijer (hfst. 8, 9 en 13), G. Heebels (deel III), L. Hoedemaker (deel III), D. Hoffmans (deel III), G. Burghouts (cameratoezicht in deel III), L. Smit (cameratoezicht in deel III), T. Scheepmaker (hfst. 21), N. Dijkshoorn (hfst. 21), H. van Veen (hfst. 21), H. Lucas (hfst. 21) en R. Schulze (algemeen). Ondersteuning bij het onderzoek van deel III verleenden M. Manders, Th. Gerretsen en A. van der Voort. Allen zijn medewerker van TNO of voormalig medewerker van TNO.

Verder zijn delen van de tekst becommentarieerd door L. Hessels van het Rathenau Instituut (hfst. 3, 4, 5 en Epiloog), E-J. Velzing van de Universiteit van Amsterdam (hfst. 3, 4, 5 en Epiloog), J. Joosten (proloog, hfst. 3 en 5), P. Vos (normen en standaards in hfst. 3, 5 en 20), B. Kokkeler van Universiteit Twente (informatietechnologie in hfst. 5), P. Huijnen (hfst. 8), L. van Grinsven en J. Benschop van ASML (ASML in hfst. 6).

Een commissie begeleidde het onderzoek. Zij bestond uit C. van Heest (TNO), C. Ekkers (TNO), B. van der Meulen (Rathenau Instituut) en J. Schot (Technische Universiteit Eindhoven).

Hoewel de onderzoekers dank zijn verschuldigd voor de vele opmerkingen, kritische kanttekeningen en/of aanvullende gegevens, blijft de tekst volledig de verantwoordelijkheid van de desbetreffende auteurs.

Het onderzoek vond plaats onder auspiciën van de Stichting Historie der Techniek te Eindhoven. C. van Heest verleende gedurende het gehele onderzoek ondersteuning vanuit TNO. J. Mengelers is binnen TNO de pleitbezorger geweest voor een wetenschappelijke geschiedschrijving van TNO.

H. Lintsen, redactie

