Op zoek naar de oorsprong van de Nederlandse kenniseconomie

Een essay geschreven in opdracht van TNO

Harry Lintsen
Emeritus hoogleraar geschiedenis van de techniek
Technische Universiteit Eindhoven

Stichting Historie der Techniek
Eindhoven 2011

Colofon

Auteur
Harry Lintsen

Grafische vormgeving
Camiel Lintsen, Kade 05

Drukwerk
Lecturis BV, Peter Bongers

Uitgever
Stichting Historie der Techniek (SHT)

De Stichting Historie der Techniek (SHT) streeft er naar de rol van techniek in de samenleving en het belang van techniekgeschiedenis zichtbaar te maken. Dit doet de SHT door het faciliteren en coördineren van nationale en internationale onderzoeksprogramma's. De stichting verricht ook historisch onderzoek in opdracht voor bedrijven, kennisinstellingen en laboratoria. Bovendien spant zij zich in om de resultaten van historisch onderzoek voor een breed publiek toegankelijk te maken via boeken, artikelen en nieuwe media. Voor meer informatie, zie *www.histech.nl.*

ISBN 978-90-73192-35-5

© 2011 Stichting Historie der Techniek (SHT)
Eindhoven

Inhoud

6 Inleiding: waar liggen de wortels van de Nederlandse kenniseconomie?

Deel 1: de oorsprong van de kenniseconomie

13 De grote kloof: waarom begon de Industriële Revolutie niet in China?
24 De kleine kloof: hoe kwam Nederland aan zijn technisch paradijs?
35 De verlichte economie: waarom begon de Industriële Revolutie niet in Nederland?
45 De Gouden Delta: doet technologie er nog toe in de 21ste eeuw?

Deel 2: TNO en de oorsprong van de kenniseconomie

53 TNO als icoon van het verlichtingsideaal
56 TNO en 'gecodificeerde kennis'
60 TNO en 'stilzwijgende kennis'
65 TNO: de oude en nieuwe missie

73 Noten

Inleiding: waar liggen de wortels van de Nederlandse kenniseconomie?

De kenniseconomie is het Nederlandse antwoord op een globaliserende economie. Nederland maakt op de wereldmarkt geen schijn van kans met producten die gebaseerd zijn op goedkope arbeid. Dat kon nog wel in de jaren na de Tweede Wereldoorlog. De wereldhandel nam in deze periode krachtig toe. Nederland speelde daar succesvol op in en voerde onder meer een uitgekiende loon- en prijzenpolitiek. Tijdens de wederopbouw was ons land een lagelonenland en had daarmee een sterke, internationale concurrentiepositie. Daaraan kwam in de jaren zestig een einde met een spectaculaire stijging van de lonen. De uittocht van bedrijfstakken zoals de textiel-, sigaren- en schoenenindustrie startte. Sindsdien vonden ondernemers goedkope arbeid in andere Westeuropese landen met name in Italië, Spanje en Portugal of ver weg bijvoorbeeld in India en Taiwan. Tegenwoordig springt de massale en goedkope arbeid van China in het oog, maar landen zoals Indonesië en Vietnam hebben deze ook ter beschikking.

Nederland kan daar alleen dure arbeid tegenover stellen. Deze is echter van hoge kwaliteit en levert zogenaamde kennisintensieve producten en diensten op, waarmee een eigen plek in de wereldhandel wordt verworven. Een bekend voorbeeld is de lithografiemachine, waarmee miljoenen chips worden geproduceerd voor

mobieltjes, TV's, navigatiesystemen en talloze andere producten. ASML uit Veldhoven (nabij Eindhoven), het vlaggenschip van de Nederlandse hightech industrie, ontwerpt en fabriceert deze complexe productiemachines. Het bedrijf heeft wereldwijd een markaandeel van meer dan 60%.

Naast de lithografie-machine gaat het om een variëteit aan producten, waarmee Nederland succesvol op de wereldmarkt opereert: Het kweken van zaden en bloembollen, het maken van transporthangbanen voor kippenslachterijen, het onderzoek naar aardoppervlak en zeebodem voor de aardolie-industrie, etc. Ieder product heeft zijn eigen verhaal over de rol van kennis in het traject naar de wereldmarkt. De kenniseconomie is niet gebaseerd op specifieke producten, activiteiten of bedrijfstakken. Hoogwaardige kennis blijkt in de 'genen' te zitten van onze economie. Met deze stelling komen wij terecht bij het thema van dit essay: wat wordt daarmee bedoeld? Hoe is kennis daar terecht gekomen? Welke vorm heeft die verankering van kennis gekregen in de kern van de economie?

De oorsprong

De verwijzing naar 'genen' duidt op evolutie en 'erfelijke' eigenschappen. De kenniseconomie is niet een schepping van recente periode. Zo zette Nederland in de naoorlogse jaren - naast lage lonen - in op wetenschap en technologie. De investeringen in onderwijs, onderzoek en ontwikkeling stegen van ongeveer 3 procent van het bruto binnenlands product (bbp) in 1950 naar meer dan 8 procent in 1975. De moderne kennisinfrastructuur kwam daardoor tot volle ontplooiing. Een nieuwe kennisorganisatie, de Nederlandse organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO, tegenwoordig NWO) werd in 1950 opgericht.

TNO, de organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek mocht jaren groeien met percentages tot 35 procent. Ook industriële laboratoria maakten een spectaculaire groei door. Het productie-apparaat werd gemoderniseerd. Het petrochemisch complex expandeerde. Grootschalige, infrastructurele projecten kwamen tot stand. Het resultaat van dit alles was boven verwachting: een ongekende economische groei, zodat men sprak van een economisch wonder.

Stamt de kenniseconomie dan uit die periode? Ook dat niet. De oorsprong van de moderne kennisinfrastructuur met onderzoekslaboratoria, bijvoorbeeld, ligt aan het begin van de 20ste eeuw. De oprichting van het Shell laboratorium is van 1909 en van het Natuurkundig Laboratorium van Philips van 1914. Over de oprichting van een organisatie als TNO werd reeds gesproken in de Eerste Wereldoorlog. Uiteindelijk gebeurde dat in 1932. Zelfs hiermee hebben wij de oorsprong van de kenniseconomie nog niet te pakken. Onderzoekslaboratoria zijn slechts een van de vormen waarmee de kenniseconomie zich manifesteert.

Bij kenniseconomie denkt men ook aan opleidingen, bijvoorbeeld van ingenieurs en technici. Vele van de hedendaagse opleidingen vinden hun oorsprong in de 19de eeuw. Het is ook de eeuw, waarin de Industriële Revolutie in Nederland begon. En die revolutie is verbonden met geheel nieuwe kennisdomeinen zoals de werktuigbouwkunde met eigen opleidingen, tijdschriften en verenigingen. Ook die elementen behoren tot een kenniseconomie. Deze erfenis uit de 19de eeuw is tot op de dag van vandaag terug te vinden in de hedendaagse economie.

De grote en de kleine kloof

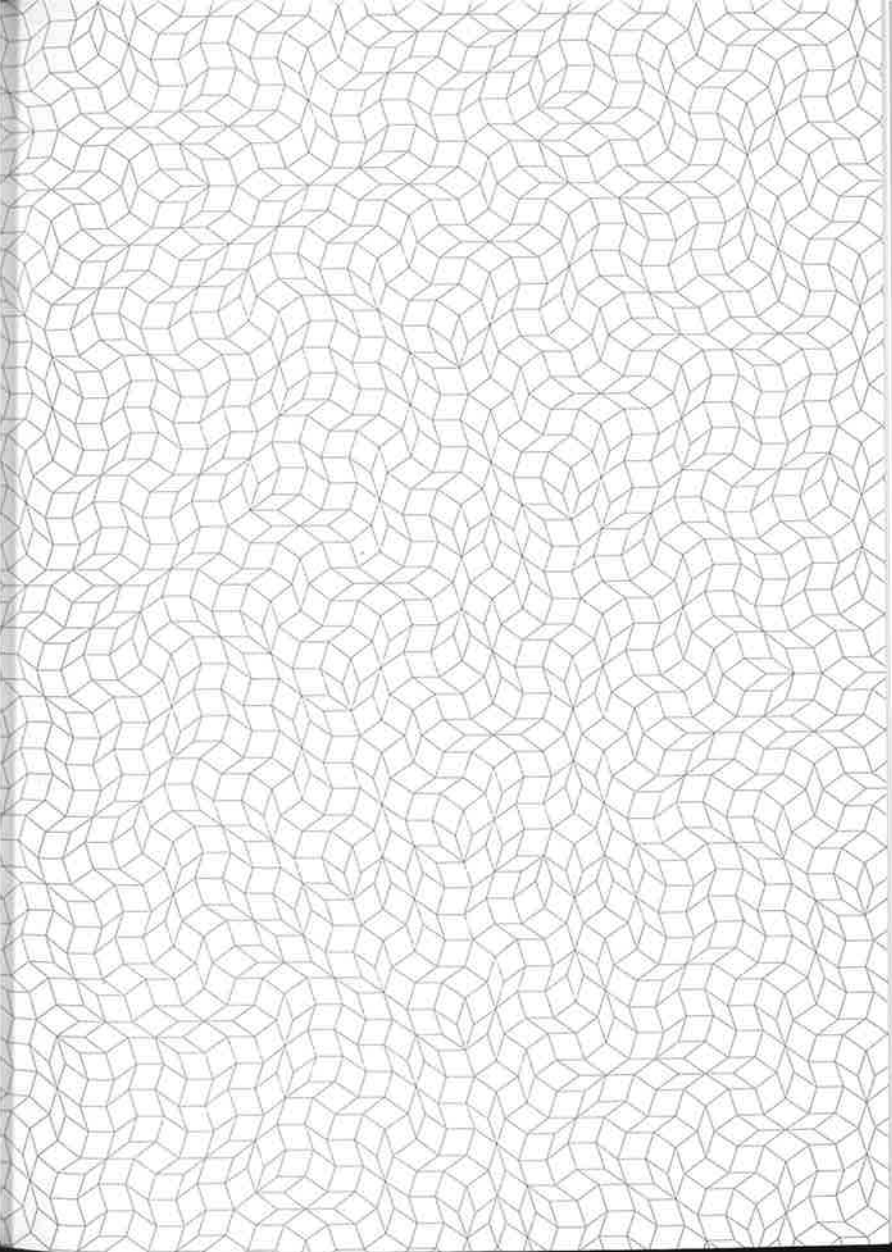
Daarmee is het verhaal nog niet af. Historici zijn altijd geïnteresseerd geweest in langetermijntrends. Interessant zijn de recente bijdragen van economisch historici naar de wortels van de moderne, economische groei. Het aardige is dat die bijdragen een Nederlandse stempel dragen met onderzoekers zoals Jan Luiten van Zanden[1] en Karel Davids[2]. Het bijzondere is dat zij hun aandacht met name richten op de factor 'kennis'. Daarin moet volgens hen de verklaring gezocht worden voor de 'grote kloof' en de 'kleine kloof' die zich in de geschiedenis hebben geopenbaard. De 'grote kloof' heeft betrekking op de voorsprong die het Westen nam vanaf de 15de eeuw ten opzichte van de rest van de wereld. Hoe is het mogelijk dat West Europa vanaf 1400 langzaam maar zeker technologisch en economisch het voortouw nam? Hoe resulteerde die ontwikkeling uiteindelijk in de Industriële Revolutie in Groot-Brittannië in de 18de eeuw? Hoe komt het dat vooral het Westen zo sterk heeft geprofiteerd van de Industriële Revolutie? Voor het antwoord op deze fascinerende vragen blijkt men terug te moeten naar de middeleeuwen. In die periode liggen de verre wortels van de kenniseconomie. Het is dit type economie dat in het Westen voor het eerst tot ontplooiing is gekomen en de voorsprong verklaart.

De 'kleine kloof' heeft betrekking op de verschillen tussen de Westerse landen onderling. De economieën van de regio's rond de Noordzee (Vlaanderen, Holland en Groot-Brittannië) ontwikkelden zich vanaf de late middeleeuwen anders dan in de rest van West Europa. En uiteindelijk ging Groot-Brittannië met de eer strijken. Daar startte de Industriële Revolutie, een van de belangrijkste breekpunten in de geschiedenis van de mensheid. Waarom gebeurde dat niet in Nederland, toch ook een serieuze kandidaat in

de Gouden Eeuw? Ook die historische thema's blijken alles te maken te hebben met de factor 'kennis'.

Deze geschiedenis van de Nederlandse kenniseconomie zal in het eerste deel van dit essay verteld worden. Is 'kenniseconomie' daarmee niet een toverwoord geworden in plaats van een serieus concept? Immers, door zover terug te gaan in de geschiedenis bestaat het gevaar het begrip zo sterk op te rekken, dat er alles mee beschreven en verklaard kan worden. Dit gevaar wordt hier niet bezworen door een uitgewerkt conceptueel raamwerk te presenteren. Wel zullen wij in ieder onderdeel van het essay elementen van de kenniseconomie definiëren, die tot de fundamenten van de hedendaagse kenniseconomie gerekend kunnen worden.

Deze elementen zijn ook terug te vinden in moderne kennisorganisaties. In het tweede deel gaan wij dieper in op TNO en zullen wij laten zien hoe de evolutie van de kenniseconomie - voor degene die goed kijkt - opgesloten zit in kennisorganisaties zoals TNO. Maar dan zal ook blijken dat TNO niet zomaar een illustratie is. Het ontwerp van een dergelijke researchorganisatie is al in de 17de eeuw geformuleerd en tijdens de verlichting gepropageerd. Het essay wordt daarmee een verhaal dat start in de middeleeuwen en doorloopt tot deze tijd met een focus op kennis, Nederland en TNO.



Deel 1: de oorsprong van de kenniseconomie

De grote kloof: waarom begon de Industriële Revolutie niet in China?

Zo'n duizend jaar geleden waren de economische verschillen tussen de regio's op aarde niet groot.[3] Gemeten naar het bruto binnenlands product (bbp) per hoofd van de bevolking was het verschil tussen de rijkste regio ten opzichte van de armste hooguit een factor 1,2. Inmiddels is het bbp per hoofd van de bevolking over de gehele wereld toegenomen, maar bedraagt het verschil ongeveer een factor 18. In absolute termen zijn de verschuivingen indrukwekkend. Het bbp per hoofd van de bevolking van de wereld wordt in het jaar 1000 geschat op $450 (in dollars van 1990) en zou variëren tussen de $400 in Latijns Amerika en $465 in Azië.[4] Tegenwoordig gaat het om een gemiddeld bbp per hoofd van ca. $6500 en om een variatie van ca. $1550 in Afrika en $28,000 in VS, Canada, Australië en Nieuw Zeeland.

Deze kloof ontstond geleidelijk, maar groeide snel ná 1800 tijdens de Industriële Revolutie. Aanvankelijk zag het er niet naar uit dat West Europa in deze ontwikkeling het voortouw zou nemen. De belangrijkste kandidaat was China.[5] Zo'n 200 jaar v.Chr. had zich een Chinees keizerrijk gevormd. Ondanks jaren van oorlog en verdeeldheid zorgden opeenvolgende dynastieën voor lange periodes van relatieve rust en eenheid in een omvangrijk gebied. Tussen 500 en 1400 n.Chr maakte het land een economische en

technologische bloeiperiode door. Bekende voorbeelden zijn de uitvinding van de boekdrukkunst in de zevende eeuw en het kompas en het buskruit in de tiende eeuw. De Chinese superioriteit kwam echter op vele terreinen tot uitdrukking.

Chinese superioriteit

In de landbouw wisten de Chinezen de productie en productiviteit sterk op te voeren. De rijstteelt onderging een revolutie. Systemen van dammen, dijkjes, sluizen, sloten, goten, pompen, terrassen, etc. zorgden voor de verbetering van de irrigatie en de afwatering van de rijstvelden. De betere controle over het water zorgde voor een enorme uitbreiding van de rijstteelt in het zuiden. Daarnaast werden in de landbouw nieuwe gereedschappen en werktuigen geïntroduceerd voor het ploegen, zaaien, harken en schoffelen. Ook het gebruik van kunstmest op basis van stedelijk afval, kalk, slib, as en dergelijke kwam in zwang. Insectenplagen werden bestreden met chemische en biologische middelen.

Hoogovens waren in China al voor het begin van de jaartelling bekend, evenals het gebruik van gietijzer en de bewerking van ruw ijzer tot smeedijzer. IJzer werd vanaf het jaar 1000 op ongekende schaal geproduceerd en de metaalbewerking nam een hoge vlucht. Ook de porseleinnijverheid produceerde op grote schaal en het Chinees porselein gold als superieur. In de textiel verwierf China een voorsprong met verbeteringen aan het spinnewiel. Met weefgetouwen maakten de Chinezen complexe patronen. De prestaties in de maritieme technologie waren eveneens uitzonderlijk. Het kompas is reed gememoreerd. De zeewaardige schepen van China behoorden tot de grootste en waren qua ontwerp, constructie en wendbaarheid beter dan in de rest van de wereld. De lijst van technologische prestaties kan nog met tal

— Het grootste raadsel in de geschiedenis van de techniek is het falen van de Chinezen om hun suprematie vast te houden.

van voorbeelden worden uitgebreid. De Chinezen vonden het papier uit, waarschijnlijk ruim voor het begin van de jaartelling, en gebruikten het niet alleen voor het schrijven, maar ook voor bijvoorbeeld geldbiljetten. Zij ontwierpen waterklokken, die ware meesterstukken waren in materiaalbeheersing, mechanische constructies en nauwkeurigheid. Zij voerden bemande vluchten uit met vliegers. De kruisboog werd door hen verder ontwikkeld en gestandaardiseerd. Dat gold ook voor het paardentuig. Zij maakten tal van nieuwe medicijnen. Etc, etc.

Het grootste raadsel in de geschiedenis van de techniek is het falen van de Chinezen om deze suprematie vast te houden.[6] Immers, rond 1500 was de situatie totaal anders. Vele innovaties hadden hun weg naar Europa gevonden of waren daar opnieuw ontdekt en wat nog belangrijker is, hadden een grotere verspreiding gevonden dan in China zelf. De Chinezen hadden in de 10de en 11de eeuw hun hoogtepunten gekend in het meten van de tijd. Hun kennis van het bouwen van ingenieuze waterklokken was echter na enkele eeuwen geheel verdwenen. West-Europa werd vermaard om zijn klokkenbouwers en precieze tijdsmetingen. Ook hadden de Chinezen nog aan het begin van de 15de eeuw met hun geavanceerde zeeschepen ontdekkingstochten op de oceanen gemaakt. Minder dan een eeuw daarna was dat voorbij, werden scheepswerven gesloten en was de bouw van zeewaardige jonken met meer dan twee masten verboden. West-Europa had toen al het

— West Europa mocht dan ten opzichte van China tijdens de middeleeuwen een achterlijke indruk maken, er waren ook signalen van dynamiek.

initiatief naar zich toegetrokken onder andere met de ontdekkingsreizen van Columbus (1492) en Vasco de Gama (1497). Zo verging het ook de boekdrukkunst, het buskruit, het kompas, de textielwerktuigen, etc. China kende al deze innovaties reeds geruime tijd, maar putte er uiteindelijk beperkt voordeel uit. Overigens wist zij haar economische groei nog lange tijd vast te houden, onder meer door intensivering van de landbouw en de inzet van een toenemende bevolking. Haar technologische creativiteit stagneerde echter en daarmee miste zij volgens sommige historici op 'een haar na' de Industriële Revolutie.[7] Vanwaar dat falen? Voordat hierop wordt ingegaan, moeten wij het eerst hebben over manuscripten en boeken.

Manuscripten en boeken

West Europa mocht dan ten opzichte van China tijdens de middeleeuwen een achterlijke indruk maken, er waren ook signalen van dynamiek. Een belangrijk signaal was de enorme toename van het aantal handgeschreven manuscripten. In de 6de eeuw werden er in West Europa naar schatting zo'n 13.500 manuscripten vervaardigd. In de 15de eeuw waren dat er meer dan 5 miljoen. Daarnaast werden in die eeuw ook nog 12,5 miljoen boeken gedrukt.[8] De boekdrukkunst was omstreeks 1450 uitgevonden en direct op brede schaal toegepast. Deze getallen illustreren de grote

betekenis, die in West Europa steeds meer aan het geschreven (en gedrukte) woord werd toegekend. Manuscripten (en later boeken) werden strategische goederen en een cruciaal onderdeel van de kennis- en communicatiestructuur.

Communicatie en kennis waren tot die tijd hoofdzakelijk persoonsgebonden. Kennis was zogenaamd 'embodied' dat wil zeggen 'belichaamd'. Ideeën, inzichten, feiten, afspraken, etc. waren opgeslagen in de hoofden van de mensen. Kennis was grotendeels ook 'tacit' dat wil zeggen 'stilzwijgend'. Zij was niet expliciet te maken en kon alleen door oefening verworven worden. Kennisoverdracht ging van meester op leerling, van machthebber op onderdaan, van moeder op dochter of via andere *face-to-face* contacten. Kennisontwikkeling kwam tot stand in de praktijk en door uitwisseling van ervaringen. De communicatie verliep via het gesproken woord en de lichaamstaal.

Het geschreven en gedrukte woord waren een essentieel, nieuw element. Wij spreken in dit verband over 'gecodificeerde' kennis. Kennis en communicatie waren in principe niet meer gebonden aan een persoon en daarmee ook niet langer meer aan tijd en plaats. Manuscripten en boeken konden op ieder moment geraadpleegd worden door al degenen die toegang hadden tot de teksten. Zij waren door de tijd heen te bewaren en op verschillende plaatsen te raadplegen. Kennisontwikkeling was vast te leggen in nieuwe teksten. Kennis was te vermenigvuldigen door het overschrijven van manuscripten en – aanzienlijk eenvoudiger met de uitvinding van de boekdrukkunst – door het drukken van boeken. Zij kon daarmee een collectief karakter krijgen dat wil zeggen ter beschikking worden gesteld aan een groot publiek.

De kloosters waren in de vroege middeleeuwen de belangrijkste leveranciers van manuscripten.[9] Zij waren overigens ook de

belangrijkste afnemers vanwege de religieuze inhoud van vele teksten. Hun invloed strekte echter veel verder. Zij verkondigden de kracht van het geschreven woord. Niet alleen voor de verspreiding van het Christendom, maar bijvoorbeeld ook voor het vastleggen van afspraken tussen mensen. Tegenover het feilbare geheugen van de mens stond de onveranderlijkheid van een eenmaal geschreven tekst. De op schrift gestelde afspraken, regels en wetten zouden uiteindelijk tot de hoekstenen gaan behoren van de Europese rechtsstaten.

Iets dergelijks gold ook voor het domein van de techniek.[10] Kloosters waren aanvankelijk de belangrijkste bron van technologische innovaties in de middeleeuwen. Zij kwamen als onderdeel van het internationale, christelijke netwerk in aanraking met het technisch erfgoed van de klassieken, Arabieren en Chinezen. In belangrijke mate gebeurde dat via het geschreven woord. Het beschrijven en het verspreiden van de voor Europa nieuwe technieken gebeurden deels via geschreven teksten. Belangrijk was ook, dat kloosterlingen de nieuwe technieken zelf toepasten en verbeteringen aanbrachten. Zij waren intellectuelen met letterlijk vuile handen. De uitstraling van de kloosterordes, die systematisch land ontgonnen, landbouw bedreven en voedsel produceerden met de meest moderne technieken moet enorm zijn geweest. Wind- en waterkracht vonden vanaf de 11de eeuw voor uiteenlopende doeleinden toepassing en wel op een dusdanig grote schaal dat ook wel wordt gesproken van de 'Industriële Revolutie van de middeleeuwen'.

Door verstedelijking en de opkomst van universiteiten ontstonden nieuwe markten voor manuscripten. Vanaf de 13de eeuw kwam de vraag vooral van een stedelijke elite van handelslieden en geleerden. Parallel aan dit proces liep de toenemende geletterdheid van de bevolking. Het kunnen lezen en schrijven is natuurlijk een

noodzakelijke voorwaarde voor de verspreiding van het geschreven en gedrukte woord. De schatting is dat rond 1500 een achtste van de West Europese bevolking was geletterd (hetgeen overigens vaak niet meer betekende dan dat men een contract met zijn eigen naam kon ondertekenen). Vanuit dit perspectief gezien is de uitvinding van de boekdrukkunst aan het einde van de middeleeuwen een logisch vervolg in een langer lopende ontwikkeling en niet alleen een radicale stap naar een nieuw tijdperk.

De Chinese staatsbureaucratie

West Europa wist in de loop van de middeleeuwen een productieniveau van manuscripten te bereiken die vergelijkbaar was met enkele regio's in de wereld met name China, Japan en het Midden-Oosten. Opmerkelijk is dat daarna de wegen snel uiteen gingen. Terwijl de uitvinding van de boekdrukkunst in West Europa leidde tot de massaproductie van het boek, bleef de boekproductie elders ver achter. Zo lag de productie van nieuwe titels in China in de 16de en eerste helft van de 17de eeuw jaarlijks onder de 50. West Europa, daarentegen, met eenzelfde bevolkingsomvang, kwam jaarlijks op een gemiddelde van tegen de 4000, ongeveer tachtig maal zoveel.[11] Daarna zou het verschil alleen maar groter worden.

Alleen in Europa kwam een ontwikkeling op gang van grootschalige en goedkope boekproductie, die werd afgezet op een explosief groeiende markt van geletterden. Het is kenmerkend voor de kennisaccumulatie, de kennisdiffusie en de daarop gebaseerde gestage economische groei, die zich in West Europa al lang voor de Industriële Revolutie had ingezet. Waarom volgde China niet dit pad?

China had lange tijd het voordeel genoten van periodes van relatieve stabiliteit.[12] Een reeks van keizerlijke dynastieën speelde een belangrijke rol in economie en technologie. De keizer ofwel de

staat had zich het geldwezen, de tijdsmeting en de samenstelling van de kalender toegeëigend en deze gestandaardiseerd. Chinese keizers hielden zich bezig met de coördinatie van waterstaatkundige projecten en de publicatie van boeken over de landbouwkunde. Zij gaven financiële impulsen aan boeren voor het investeren in innovaties, zorgden voor de verspreiding van medische kennis, bevorderden het gebruik van katoen, bezaten ijzersmelterijen, etc.. Tijdens de Sung dynastie (960n.Chr.-1279 n.Chr.) resulteerde de 'verlichte geest' aan het keizerlijk hof in een uitzonderlijke technologische creativiteit onder de Chinese bevolking.

Een sterke staat had ook een keerzijde. Wat zouden de gevolgen zijn, als haar houding omsloeg in conservatisme? Dat laatste was vermoedelijk wat er gebeurde na 1400. In de eeuwen die volgden, verwierven Ming (1368-1644) en Qing (1644-1911) meer macht dan ooit tevoren. De belangen van het hof om de status-quo te verdedigen werden steeds groter. De staatsbureaucratie verstarde en de politieke speelruimte werd kleiner. Het hof isoleerde China steeds meer van de buitenwereld, hetgeen onder meer het verbod verklaart op ontdekkingsreizen. Innovaties moesten zoveel mogelijk vermeden worden, omdat zij mogelijk gepaard gingen met veranderingen van de status-quo. De gerichtheid op stabiliteit en behoudzucht smoorde veel technische dynamiek in de kiem.

De Katholieke Kerk en de steden

West Europa kende tijdens de middeleeuwen een geheel andere situatie dan China.[13] Hier ontbrak het na de ineenstorting van het Romeinse en het Karolingische rijk aan een centrale macht of sterke staat. De politieke situatie was gefragmenteerd en dat bood kansen aan innovaties. Er waren nauwelijks gevestigde belangen, belemmerende instituties, tegenwerkende procedures en derge-

— Het hof isoleerde China steeds meer van de buitenwereld. Innovaties moesten zoveel mogelijk vermeden worden, omdat zij mogelijk gepaard gingen met veranderingen van de status-quo.

lijke. En indien die er op een bepaalde plek wel waren, ontbraken zij elders. Ook nadat vanaf de 15de in diverse regio's staatsvorming opgang kwam, bleef de politieke situatie in West Europa gefragmenteerder dan elders.

Toch is teveel speelruimte ook funest voor innovaties. Niches - beschermde ruimtes waarin geëxperimenteerd kan worden - moeten beschikbaar zijn. Risico's vereisen opgevangen te kunnen worden. Mogelijk profijt dient ter beschikking te kunnen komen van innovatief ondernemerschap. Daarentegen vraagt mogelijk nadeel van innovaties om bescherming van burgers. Innovaties vereisen een situatie met een zeker vertrouwen tussen de betrokkenen. Een staat speelt doorgaans een belangrijke rol in het voorzien van deze voorwaarden. Bij afwezigheid van een sterke staat zal dat op een andere wijze moeten gebeuren.

Twee elementen waren in West Europa tijdens de middeleeuwen in dit opzicht van belang, namelijk de Katholieke Kerk en de vorming van stedelijke communes. De Katholieke Kerk vulde in zekere mate het machtsvacuüm dat het gefragmenteerde politieke systeem had achtergelaten. Via de hiërarchisch georganiseerde bisdommen en kloostergemeenschappen, beide onderworpen aan het gezag van de paus, strekte de invloed van de Katholieke Kerk

zich ver buiten Rome over de landsgrenzen heen. Een krachtige, christelijke ideologie – verspreid met gebruikmaking van een gemeenschappelijke taal, het Latijn – bracht een zekere eenheid in het denken over maatschappelijke organisatie. Kerkelijke wetten gaven vorm aan de maatschappelijke verhoudingen. Wat betreft de techniek was de houding – in vergelijking met andere religies – opmerkelijk positief. De mens had het rentmeesterschap over de aarde gekregen en mocht (of moest zelfs) deze exploiteren voor verlichting van het menselijk bestaan. Zoals wij zagen, brachten de kloostergemeenschappen die opvatting ook daadwerkelijk in de praktijk.

De Kerk als een van de regulators van het maatschappelijk leven was het resultaat van een *top down* proces. Daar tegenover stond een *bottom up* proces, waarin communes het stedelijk leven trachten te reguleren. Communes waren gemeenschappen bestaande uit inwoners van een stad, de echte 'burgers', die hadden gezworen de rechten van de stad te verdedigen en te versterken. Zij participeerden in besluitvorming via raden en lichamen die de burgerij vertegenwoordigden, en genoten een grote mate van zelfstandigheid. Het model verspreidde zich in de late middeleeuwen vanuit Noord Italië, Noord Frankrijk en Vlaanderen over grote delen van West Europa. De organisatie van de gilden kende een sterke verwantschap met die van de communes. In dit geval

— *Top down* (kerk en kloosters) en *bottom up* processen (communes en gilden) waren belangrijke elementen in het ontstaan van de 'grote kloof'.

ging het om een gemeenschap van professionals, die hun kennis en vaardigheden deelden, verder ontwikkelden, beschermden en doorgaven (aan volgende generaties en andere steden). De gilden waren efficiënte instituties voor onderontwikkelde marktsituaties, onbetrouwbare marktrelaties en fluctuerende marktbewegingen zoals West Europa, die kenden in middeleeuwen. Zij droegen zeer bij aan de technische voorsprong die zich begon af te tekenen.

Top down (kerk en kloosters) en *bottom up* processen (communes en gilden) waren belangrijke elementen in het ontstaan van de 'grote kloof'. Die kloof kwam onder andere tot uitdrukking in een enorme expansie van de boekproductie in alle delen van West Europa. De gedrukte tekst ofwel 'gecodificeerde' kennis was een sleutel in het ontstaan van de kenniseconomie. Zij droeg in hoge mate bij aan het proces van kennisaccumulatie en economische groei.[1]

Teksten behoren tot op de dag van vandaag tot de belangrijkste kennisdragers. In West-Europa ontwikkelden de kloosters deze cruciale bouwsteen van de latere kenniseconomie. Zij waren ook lange tijd de belangrijkste producenten van 'gecodificeerde' kennis. Universiteiten en uitgevers namen die rol in de late middeleeuwen over. Vanaf de 17de eeuw steeg het aantal publicaties en tijdschriften explosief mede door de oprichting van de vele, wetenschappelijke genootschappen. Belangrijke katalysatoren in de 19de eeuw waren de technische opleidingen en de professionele verenigingen. Tegenwoordig zijn onderzoeksinstituten de belangrijkste producenten van kennis.

De kleine kloof: hoe kwam Nederland aan zijn technisch paradijs?

Tussen 900 en 1500 was West Europa opgeschoven van de periferie naar het centrum van de wereldeconomie. De economie was onstuimig gegroeid, de bevolking toegenomen, het aantal steden spectaculair gegroeid en het reële inkomen gestegen. Een regio zoals Noord Italië liet een welvaart en culturele bloei zien, die nog niet eerder vertoond was in West Europa. De grote kloof begon zich toen al af te tekenen. Het bruto binnenlands product per hoofd van de bevolking was rond 1500 in West Europa het hoogste in de wereld, zo'n $770. Azië kwam daar nog het meest in de buurt met ca. $570. Op dat bedrag lag overigens ook het gemiddelde in de wereld (ca. $570). De eeuwen daarna zouden de verschillen alleen maar groter worden. In 1820 waren de getallen voor West Europa, Azië en het gemiddelde in de wereld respectievelijk $1200, $580 en $670.[15]

Binnen West Europa was er echter tussen 1500 en 1800 ook een opmerkelijke ontwikkeling te zien. De groei concentreerden zich in deze eeuwen grotendeels in een relatief, klein deel van West Europa, namelijk de Noordzee regio (Groot-Brittannië, Vlaanderen en Holland). Althans, dit is te concluderen uit statistieken van de economische groei, de bevolkingsgroei en de ontwikkeling van het

reële inkomen in diverse regio's en steden. Hier is sprake van de zogenaamde kleine kloof.[16]

De grote en kleine kloof manifesteerden zich ook in twee kengetallen, die interessant zijn in verband met de kenniseconomie. Allereerst het aantal manuscripten of boeken per miljoen inwoners in een regio, een kengetal waarvan wij de relevantie eerder aangaven. West Europa bleek in de wereld het voortouw te hebben genomen in de boekdrukkunst en de boekproductie, zoals wij zagen. Binnen West Europa speelde de dynamiek zich met name af in de Noordzee regio. De Lage Landen (Vlaanderen en Holland) produceerden reeds in de 15de eeuw verreweg de meeste manuscripten per miljoen inwoners gevolgd door Italië. De absolute koplopers in de 17de en 18de eeuw (wat betreft de boekproductie per miljoen inwoners) waren de Lage Landen en Groot-Brittannië.[17]

Het tweede interessante kengetal is de beloning voor ambachtelijke arbeid.[18] Het blijkt dat ambachtelijke arbeid in West-Europa relatief goedkoop was in vergelijking met andere delen van de wereld[19] en dat binnen West Europa ambachtelijke arbeid in de Noordzee regio's relatief goedkoop was in vergelijking met andere Europese regio's.[20] Opmerkelijk is dat de Noordzee regio's vanaf de 15de eeuw gedurende een lange periode – tot in de 20ste eeuw – de beloning van de ambachtelijke en geschoolde arbeid op een constant, relatief laag peil wisten te houden.

De ambachtslieden

Dit laatste gegeven is van een niet te onderschatten betekenis voor een kenniseconomie en de economische groei. Immers, ambachtslieden waren wat wij tegenwoordig kenniswerkers zouden noemen.

Weliswaar hadden zij zich weinig 'gecodificeerde' kennis eigen gemaakt (zeg maar 'boekenkennis'), daarentegen beschikten zij over een indrukwekkende hoeveelheid persoonsgebonden en 'stilzwijgende' kennis. Het verwerven van een ambacht vereiste jarenlange training onder leiding van een ervaren ambachtsman. Gewapend met overgeleverde kennis en kennis uit de praktijk voorzagen de ambachtslieden in wat wij tegenwoordig *hightech* producten zouden noemen. De prijs van die arbeid bepaalde in hoge mate ook de prijs van die producten. Het historisch onderzoek naar de ambachtelijke arbeid richt zich vooral op de lonen van timmerlieden en metselaars door de eeuwen heen. Zij waren goede representanten van de kenniswerkers in die tijd, maakten de toenmalige kapitaalgoederen (molens, werktuigen, gebouwen, etc.) en bepaalden daarmee het karakter van de economie. Een relatief lage prijs voor ambachtelijke arbeid (t.o.v. ongeschoolde arbeid) gedurende lange tijd betekende de voortbrenging van relatief goedkope, kennisintensieve kapitaalgoederen, de totstandkoming van een kapitaalintensieve kenniseconomie en daarmee de basis voor een economie met hoge arbeidsproductiviteit en lange termijn economische groei. De beloningsverschillen voor het ambacht zijn daarom mede een verklaring voor de 'grote' en 'kleine kloof'.

Vanwaar die beloningsverschillen tussen West Europa en elders? Een belangrijke oorzaak was het efficiënt werkende gildensysteem. Gilden werden tot voor kort als conservatieve bolwerken gezien; kartels die een monopolie op arbeid en kennis uitbuitten. Dit beeld begint inmiddels te kantelen. Zij blijken relatief open beroepsgemeenschappen te zijn geweest, die op efficiënte wijze hun expertise beheerden, verder ontwikkelden en overdroegen aan nieuwkomers. In andere delen van de wereld waren ambachten meer gesloten instituties. De uitoefening

— Gewapend met overgeleverde kennis en kennis uit de praktijk voorzagen de ambachtslieden in wat wij tegenwoordig *hightech* producten zouden noemen.

van een ambacht was voorbehouden aan families of stammen. Nieuwkomers werden geselecteerd op basis van erfelijkheid. Ambachtelijke arbeid was derhalve schaars en duur.

Vervolgens is de vraag: vanwaar de beloningsverschillen in ambachtelijke arbeid binnen West Europa, waar het gildensysteem breed was verspreid? Hier laat recent onderzoek een ander verrassend gezichtspunt zien en wel de emancipatie van de vrouw.[21] Vrouwen in de Noordzee regio's participeerden meer dan elders in Europa op de arbeidsmarkt. Dat had verschillende effecten. Vrouwen waren zelfstandiger in hun beslissingen, bepaalden zelf in hoge mate de huwelijkspartner, trouwden doorgaans later en baarden minder kinderen. Het had tot gevolg, dat ouders meer in de opleiding van kinderen investeerden. Niet het aantal kinderen (de kwantiteit), maar het scholingsniveau (de kwaliteit) stond centraal bij de voortbrenging van het nageslacht. Op deze wijze waren de hoge arbeidsparticipatie van vrouwen, de hoge investeringen in het ambacht, de lage prijs van geschoolde arbeid, de ontwikkeling van kapitaalgoederen en de economische groei aan elkaar gekoppeld en vormden zij een belangrijke verklaring voor de 'kleine kloof'.

Het kan tot de wonderbaarlijkste gebeurtenissen van de geschiedenis gerekend worden, dat een regio in een uithoek van Europa, wegzakkend onder zeeniveau en vooral geschikt lijkend

— Aan de Gouden Eeuw ging een massale migratie van ambachtslieden uit de Zuidelijke naar de Noordelijke Nederlanden vooraf.

voor piraterij, zo kon uitgroeien tot een technisch paradijs. Dat was wat gebeurde in Nederland (ofwel de Oude Republiek) in de Gouden Eeuw, de 17de eeuw. Vanwaar die uitbarsting aan technische creativiteit en dat hoge peil van technologisch kunnen?[22]

Een belangrijke voorwaarde was, zoals betoogd, de beschikbaarheid van relatief goedkope ambachtelijke arbeid door de investeringen van Nederlanders in de opleiding van hun kinderen. Ambachtelijke arbeid en hoogwaardige technieken konden echter ook nog op andere wijze beschikbaar komen, namelijk door de mobiliteit van ambachtslieden. Het opbouwen van een kennis-economie gebeurde in een pré-industriële periode ook via migratie. De ambachtsman was de belangrijkste bron van kennisoverdracht. Door zijn mobiliteit werden kennis, vaardigheden en technologieën over de wereld verspreid. Daarvan profiteerde eveneens de geavanceerde economie van de Oude Republiek.

De volksverhuizingen

Vaak wordt verwezen naar de volksverhuizingen richting de Noordelijke Nederlanden ten gevolge van de religieuze twisten in de 16de en 17de eeuw. Calvinisten of andersoortige gelovigen zochten in de Oude Republiek het tolerante klimaat op. Klopt dat beeld? Deels wel.[23]

Aan de Gouden Eeuw ging een massale migratie van ambachtslieden uit de Zuidelijke naar de Noordelijke Nederlanden vooraf.

De opstand tegen Spanje bracht scheidingen teweeg in de Nederlanden. De verovering van Antwerpen door Parma in 1585 en de daaropvolgende afsluiting van de Wester Schelde door de Noordelijke Nederlanden versnelden de reeds opgang gekomen migratie. Tussen 1570 en 1630 verlieten 100.000 tot 150.000 mensen, veelal protestantse vluchtelingen, hun huizen in Brugge, Gent, Antwerpen en andere steden in de Zuidelijke Nederlanden om zich in de Republiek te vestigen. Zo'n 7% van de Nederlandse bevolking was rond 1600 in het Zuiden geboren.

De invloed van de migranten en hun kennis was te zien in nijverheidstakken zoals de boekdrukkunst, papiernijverheid, suikerraffinage en leerlooierij. Zij was het meest zichtbaar in de textiel. De Zuidelijke Nederlanden kenden een veelzijdige textielnijverheid en van die *know how* profiteerden de textielcentra in het Noorden, met name Leiden, Haarlem en Amsterdam. Maar andere steden trachtten met subsidies, goedkope leningen, vrijstelling van belastingen, woonfaciliteiten of op een andere wijze eveneens de vakmensen te lokken. De Zuidelijke textielarbeiders en -ondernemers introduceerden hier de fabricage van saaien, greinen en gelijksoortige dunne, goedkope textiel, als ook een nieuw soort goedkoop ruw laken. Zij speelden ook een belangrijke rol bij de opkomst van nieuwe, wollen stoffen voor het hogere marktsegment zoals lakens van fijne wol uit Spanje. Een stimulans kreeg verder de linnennijverheid met nieuwe producten, bijvoorbeeld smallen, noppen en kant, en verbeterde productietechnieken voor het bewerken van het vlas, het weven van het linnen en de afwerking van de stoffen. De immigranten namen het voortouw in de introductie van gemengde weefsels, de combinatie van linnen en wol (fustijn) en van linnen en katoen (bombazijn). Zij hadden tevens het initiatief in de tapijtweverij en de zijdefabricage, nieuwe

luxe textielbranches in het Noorden. Tenslotte kwamen met hun komst verbeteringen tot stand bij het bleken, het verven, het apprêteren en andere onderdelen van de textielfabricage.

Toch is grootschalige migratie niet altijd een motor van technische ontwikkeling. De Noordelijke Nederlanden kenden nog twee andere, grote migratiebewegingen, namelijk die van de Sefardische Joden uit Portugal (na 1600) en die van de Hugenoten uit Frankrijk (ca. 1680 en 1705). Hun invloed op de technologische ontwikkeling in het Noorden was echter beperkt. Zij brachten geen nieuwe, technische deskundigheid met zich mee.

Het effect van de grote migraties (inclusief die van de Zuidelijke Nederlanden) wordt echter vaak overschat en niet in de juiste verhoudingen gezien. Reeds veel eerder was de import van nieuwe technologieën opgang gekomen.[24] Dat gebeurde via de weinig spectaculaire, micro-migratie, de immigratie van individuen en kleine groepen uit alle delen van West Europa naar de Noordelijke Nederlanden.

Vanaf de late middeleeuwen tot in de Gouden Eeuw waren de Noordelijke Nederlanden een netto importeur van technische kennis. De omvang en de wijze van kennisoverdracht zijn vaak moeilijk vast te stellen. Iedere keer dringt zich echter de vraag op hoe nieuwe bedrijvigheid startte, wie een nieuwe constructie voor het eerst bouwde of hoe een nieuw product werd geïntroduceerd. Wie bouwde de eerste industriële windmolens in Nederland? Waar kwam de kennis vandaan voor het karnen van boter of het fokken van koeien? Welke bron vormde de inspiratie voor de productie van gehopt bier? Vanwaar kwam de technologie om de zompige bodem van Holland droog te houden?

Voor zover bekend sijpelde gedurende een lange periode veel nieuwe technologie via de Zuidelijke Nederlanders de Noordelijke

— De grote kracht van de Noordelijke Nederlanden was echter het verbeteren van geïmporteerde technieken. In vele gevallen kwam in kleine stapjes een superieure techniek of technisch systeem tot stand, die de technieken van elders overtrof.

regio's binnen. Dat was onder andere het geval met de turfwinning, de bouw van een nieuw type zeedijk (met een kleine hellingshoek), het gebruik van poldermolens en de teelt van meekrap (waarvan de wortel een stof bevatte voor het rood verven van textiele stoffen). De kennis en innovaties kwamen echter uit alle windstreken: Noord Italië (bijvoorbeeld de bouw van moderne forten of het kweken van tulpen), Spanje (onder andere de fabricage van fijne stoffen), de Hanzesteden (zoals het brouwen van gehopt bier) en Brittannië (bijvoorbeeld het bouwen van een nieuw scheepstype, de karveel).

In sommige gevallen raakten nieuwe technologieën tegelijkertijd in verschillende regio's in zwang, hetgeen onder andere het geval was met de waterbouwkundige constructies (dijken, sluizen, etc) langs het hele kustgebied van Vlaanderen tot Duitsland.

Het technisch paradijs

De grote kracht van de Noordelijke Nederlanden was echter het verbeteren van geïmporteerde technieken.[25] In vele gevallen kwam in kleine stapjes een superieure techniek of technisch systeem tot stand, die de technieken van elders overtrof. Zo leidden

verbeteringen aan de windmolen in de 16de eeuw tot een molen met een conische vorm en een draaibare kap. Dit nieuwe type zou onder de naam de 'Hollandse windmolen' verspreiding vinden in grote delen van Europa. Zij vervulde een functie in bemaling en nijverheid. Daar waar gemalen, gewreven, geklopt, gezeefd, gebuild, gestampt en gezaagd moest worden, werden windmolens ingezet.

Nederland bezat een excellent transportsysteem. Daarbij maakte zij optimaal gebruik van haar geografische situatie. In een tijd waarin de internationale handel hoofdzakelijk over water ging, was de ligging in een deltagebied natuurlijk een prachtige uitgangpositie. In het deltagebied werden goederen en mensen vervoerd via een vernuftig en nauwgezet gereguleerd systeem van trekvaarten en trekschuiten. Op de wereldzeeën domineerden de Nederlandse vrachtvaarders onder andere met een nieuw en succesvol scheepstype: De 'fluit'. De fluit was het resultaat van verbeteringen door Hoornse scheepsbouwers rond 1600. Het schip was voor toenmalige begrippen slank en combineerde wendbaarheid en stabiliteit met een hoog laadvermogen.

Er zijn vele voorbeelden. Delfts aardewerk (waaronder Delfts blauw) stond voor een serie vernieuwingen, zoals nieuwe technieken voor glazuren, bakken en decoreren. Deze kwaliteitsverbeteringen

— Er is nauwelijks een terrein in de Noordelijke Nederlanden te noemen, waar geen belangrijke vernieuwingen of verbeteringen plaatsvonden door immigranten of door de oorspronkelijke bewoners.

brachten Delfts aardewerk in een luxer marktsegment. In de papiernijverheid werd een nieuw type maalbak voor lompen geïntroduceerd, dat de kwaliteit van het papier aanzienlijk verbeterde. De vernieuwing kreeg de naam de 'Hollander', een erkenning van de Nederlandse oorsprong. Het belangrijkste witte pigment in kunst- en huisschildersverven, in pleisters en plamuren en in loodglazuur voor aardewerk was loodwit. De grondstof voor het pigment was lood afkomstig uit Duitsland. Bedrijfjes rond Rotterdam en Amsterdam en in de Zaanstreek verwerkten het lood via de zogenaamde 'Hollandse methode' tot loodwit. In de landbouw werd de ploeg verder ontwikkeld, in de tuinbouw de teelt van bloembollen geperfectioneerd en in de veeteelt de fokmethode verbeterd.

Er is nauwelijks een terrein in de Noordelijke Nederlanden te noemen, waar geen belangrijke vernieuwingen of verbeteringen plaatsvonden door immigranten of door de oorspronkelijke bewoners. De Oude Republiek ontleende er zijn technisch koploperschap aan en werd er mede een economische wereldmacht door. Het land kende gedurende de Gouden Eeuw een ongekend economisch succes. De economische groei moet buitensporig zijn geweest, met name in de periode 1580-1670. Hoewel het aan cijfers ontbreekt om een en ander te berekenen, zijn er allerlei indicatoren die dit beeld bevestigen. De arbeidsproductiviteit in de landbouw was de hoogste ter wereld, met als gevolg dat er relatief weinig mensen in deze sector werkten en er voldoende voedsel was voor een omvangrijke stedelijke bevolking werkzaam in de nijverheid en de dienstverlening. Rond het midden van de 17de eeuw was minder dan 40% van de beroepsbevolking in de landbouw werkzaam, terwijl in andere landen percentages van 80 à 90%

normaal waren. Ook de nijverheid kende een hoge arbeidsproductiviteit. Een belangrijk gegeven was ook een uitbundige bevolkingsgroei, Nederland had omstreeks 1500 900.000 inwoners, een aantal dat in de daaropvolgende anderhalve eeuw meer dan verdubbelde tot 1.850.000 inwoners in 1650. Terwijl elders in Europa aan het einde van de 16de eeuw de bevolkingsgroei stagneerde en de levensstandaard verslechterde, bereikte de levensstandaard in Nederland grote hoogten. Het werd het rijkste land ter wereld, hoewel die rijkdom erg ongelijk was verdeeld.

— Terwijl elders in Europa aan het einde van de 16de eeuw de bevolkingsgroei stagneerde en de levensstandaard verslechterde, bereikte de levensstandaard in Nederland grote hoogten.

De verlichte economie: waarom begon de Industriële Revolutie niet in Nederland?

Waarom begon de Industriële Revolutie niet in Nederland? Een terechte vraag, die diverse historici heeft beziggehouden. Nederland had aan de vooravond van de Industriële Revolutie een overweldigende hoeveelheid ondernemerschap, kennis en creativiteit getoond. Toch ging Groot-Brittannië in de 18de eeuw met de eer strijken.

Volgens recent onderzoek is een belangrijke oorzaak het ontstaan van een nieuw type kenniseconomie in Groot-Brittannië, namelijk de 'verlichte' economie.[26] Tot voor kort werd de Industriële Revolutie als technisch-economisch fenomeen grotendeels gescheiden behandeld van de Verlichting als intellectuele beweging. Dat blijkt een vergissing. Beide ontwikkelingen waren in Groot-Brittannië nauw met elkaar verweven en leverden een wonderlijke dynamiek op. Wat was daar aan de hand? Waarom gebeurde dat niet in Nederland?

De Verlichting stond als filosofisch project voor het primaat van de rede en voor een beter begrip van de natuur, en als politiek project voor een betere maatschappij ontdaan van de traditionele machten kerk, adel en monarchie. In Frankrijk leidde de beweging aan het einde van de 18de eeuw tot een sociale revolutie. In Engeland

leidde zij tot een 'verlichte economie'. Dat was een economie met veel ruimte voor ondernemerschap, arbeid en innovativiteit, gewaarborgd door een democratisch functionerende staat en gedragen door een stroming met een sterk geloof in technologische vooruitgang. Al deze kenmerken (vrijheid van ondernemerschap, democratisch stelsel, etc) moeten in de verhoudingen van die tijd worden gezien. Vergeleken met een land als Frankrijk was Engeland toen een toonbeeld van democratie. Vergeleken met de hedendaagse situatie valt daar veel op af te dingen.

Het vooruitgangsgeloof was een essentieel kenmerk van de verlichte economie.[27] Technologie had daarin een centrale plaats. Materiële vooruitgang en economische groei konden bereikt worden door te investeren in de 'nuttige kunsten', Deze waren deels gericht op het verwerven van algemene inzichten in natuurlijke fenomenen en deels op specifieke kennis van ambachten en technieken. Beide typen kennis - kennis over de natuur en kennis over de voortbrenging van goederen en diensten - moesten elkaar gaan bevruchten en versterken. Tegenwoordig zouden wij spreken

— Die ambitie stond indertijd in Engeland ook wel bekend als het 'Bacons programma', verwijzend naar de geschriften van Francis Bacon. Zijn opvatting was, dat de wetenschap de mensheid in staat zou stellen de natuur te beheersen en via de technologie de mensheid te dienen.

over de wisselwerking tussen wetenschap en technologie. De focus van kennis zou moeten liggen op de oplossing van praktische problemen in de nijverheid, de geneeskunde, de scheepvaart en dergelijke. De toegang tot de kennis moest laagdrempelig worden door een goede verspreiding, een effectieve organisatie en een heldere classificatie van de kennis.

Die ambitie stond indertijd in Engeland ook wel bekend als het 'Bacons programma', verwijzend naar de geschriften van Francis Bacon. Deze wetenschapper, filosoof en staatsman wordt wel de ambassadeur van de moderne wetenschap genoemd, zoals die zich in de 16de en 17de eeuw ontwikkelde. Zijn opvatting was, dat de wetenschap de mensheid in staat zou stellen de natuur te beheersen en via de technologie de mensheid te dienen. Deze boodschap werd vervolgens verkondigd door genootschappen, rondtrekkende docenten en uitgeverijen van wetenschappelijke en technische publicaties. Nieuwe wetenschappelijke inzichten verspreidden zich onder ondernemers, handelslieden en ambachtslieden. Praktische problemen uit werkplaatsen en fabrieken werden op bijeenkomsten besproken. De ene industriële sector presenteerde zijn vernieuwingen aan de andere. Buitenlandse publicaties werden nagetrokken op zoek naar nieuwigheden. Technische cursussen werden georganiseerd. Een innovatieve houding maakte zich meester van ondernemers en technici. Er kwam een verlichte economie tot stand, waarin wetenschappelijke, commerciële en industriële kringen verweven raakten. Dit proces zou een van de belangrijkste impulsen voor de Industriële Revolutie in Groot-Brittannië vormen.

Nederland en de Verlichting

Ontbrak zo'n ontwikkeling in Nederland? De Verlichting had ook in Nederland diepe sporen getrokken. Een brede variëteit aan

activiteiten verspreidde het gedachtegoed van de wetenschap onder een groot publiek en voegde nieuwe elementen toe aan de publieke kennisinfrastructuur.[28] Grote steden zoals Amsterdam en Rotterdam organiseerden in de 18de eeuw openbare lessen over wiskunde, astronomie en scheepvaartkunde. Een praktisch vak als scheepvaartkunde werd onderwezen op de scholen in talloze dorpen en steden. Organisaties als de VOC schroefden hun eisen op voor bepaalde functies en vroegen om meer theoretische en praktische kennis. Particuliere docenten startten kunst- en tekenscholen en sprongen daarmee in op de toenemende behoefte aan avondonderwijs in wiskunde en tekenen. De vraag kwam vooral van leerlingen in de bouwambachten. Later zouden ook organisaties zoals de Maatschappij tot Nut van 't Algemeen dergelijk 'verlicht onderwijs' bevorderen. Nieuwe onderwijsinstellingen ontstonden na 1750 met als vroegste voorbeeld de 'Fundatie van Renswoude' uit 1756. Dit Delftse weeshuis selecteerde talentvolle kinderen en gaf hen een opleiding in wiskunde, beeldhouwen, waterbouw en gelijksoortige 'kunsten'. Daarnaast kwamen er opleidingen voor onder andere de scheepvaart (1785), het leger (1798) en de waterstaat (1805).

Ook de oprichting van genootschappen waren een uitdrukking van het verlichtingsideaal. Zo wenste Het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte (1769) de natuurwetenschappen en de geneeskunde te bevorderen. Het had tevens een praktische oriëntatie en wenste bij te dragen aan de vernieuwing van werktuigen en de oplossing van waterstaatkundige problemen zoals het overstromingsgevaar van de grote rivieren. Andere genootschappen zoals de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen (1752) en het Zeeuwsch Genootschap der Wetenschappen (1769) kenden gelijksoortige doelstellingen.

— De ontwikkelingen in Nederland vertoonden grote gelijkenissen met die in Engeland. Ook hier was in belangrijke mate 'Bacons programma' te herkennen, gebaseerd op het geloof in de technologische vooruitgang. Er waren echter enkele verschillen.

Maar er was meer. Uitgeverijen gaven boeken uit over de molenbouw, de scheepvaart, de waterbouw en andere praktische domeinen. Verzamelingen van instrumenten en schaalmodellen van schepen, molens en andere technische constructies werden aangelegd en gebruikt voor openbare demonstraties. Op universiteiten hielden docenten zich bezig met praktische vraagstukken en 'toegepaste wetenschappen' zoals waterbouw en scheepvaartkunde. Zij schreven boeken voor een algemeen publiek bijvoorbeeld over de 'beginselen der natuurkunde' en traden op als adviseurs met name voor de staten van de provincies, de waterschappen en de VOC.

Het uitblijven van de Industriële Revolutie

De ontwikkelingen in Nederland vertoonden grote gelijkenissen met die in Engeland. Ook hier was in belangrijke mate 'Bacons programma' te herkennen, gebaseerd op het geloof in de technologische vooruitgang. Er waren echter enkele verschillen. Allereerst kwam zo'n programma enkele decennia later tot ontplooiing. Tot 1750 hadden de thema's van de Verlichting in de Oude Republiek sterk in het teken gestaan van de religie. Het debat over het

primaat van de rede had zelfs geleid tot een specifieke stroming, ook wel bestempeld als de 'Radicale Verlichting'. Zij stelde tot in extreme de goddelijke autoriteit van de bijbel en het bestaan van God ter discussie. Haar meest prominente vertegenwoordiger was Baruch de Spinoza. Het maakte de radicale filosofen verdacht en in zekere mate ook de moderne wetenschap. Rond het midden van de 18de eeuw verschoof de aandacht echter van religie naar het praktisch nut van de wetenschap.[29]

Een tweede verschil was dat de invulling van het nut een andere oriëntatie kreeg dan in Engeland. Daar lag een sterk accent op industrie en economie, hier op waterbouw en thema's als scheepsbouw en scheepvaart. De Nederlandse elite, waaruit de voortrekkers van de Verlichting werden gerecruteerd, hadden vooral oog voor dergelijke thema's. Zij bestond uit kooplieden en de nieuwe regentenkaste, die haar rijkdom in vroegere, glorieuze tijden had verworven. Gezien de teloorgang van grote delen van de Nederlandse industrie was haar belangstelling voor productie-technieken aanzienlijk verminderd.[30]

De Verlichting bracht dus in tegenstelling tot Engeland geen 'verlichte economie' voort. Was dit gegeven dé oorzaak voor het uitblijven van de Industriële Revolutie in Nederland in de 18de

— Een verschil was dat de invulling van het nut van kennis een andere oriëntatie kreeg dan in Engeland. Daar lag een sterk accent op industrie en economie, hier op waterbouw en thema's als scheepsbouw en scheepvaart.

eeuw? Het antwoord moet ontkennend zijn.[39] Er zijn een aantal relativeringen voor het doorslaggevend belang van de verlichte economie.

Allereerst had wetenschappelijke kennis tot in de 19de eeuw nauwelijks praktisch nut. Zo speelde de wiskunde weliswaar in de natuurwetenschappen een cruciale rol, maar in de techniek was zij zeer beperkt bruikbaar. Zij werd vooral toegepast in de landmeetkunde en – in veel mindere mate – in de waterbouw, de bouw en de scheepsbouw. Ook de klassieke mechanica had weinig invloed op de werktuigbouwkunde en andere technische domeinen. Een huzarenstukje van dit vak was de exacte berekening van kogelbanen. De kanonniers hadden er in de praktijk weinig aan. Verder verschafte de chemie nauwelijks antwoord op praktische vragen. Zo wilden textielfabrikanten graag weten waarom kleuren vervaagden en waarom de ene textielsoort beter de kleurstof opnam dan de andere soort. Hun beroep op de chemie was tevergeefs. De bulk van de innovaties in de Industriële Revolutie kwam zonder wetenschappelijke kennis tot stand.

Op de tweede plaats was in Groot-Brittannië een speciale rol weggelegd voor de werktuigbouwkundigen in de talrijke mechanische werkplaatsen en machinefabrieken. Zij waren technici met een 'wetenschappelijke' houding, die zich kenmerkte door analyseren en experimenteren. Bovendien bezaten zij de beroemde 'mechanical skills'. De 'mechanics' vormden het hart van het innoveren met stoom, het werken met ijzer en het bouwen van machines. Die praktijk was echter nauw verbonden met de aanwezigheid van minerale grondstoffen in de Britse bodem, waaronder steenkool en ijzererts. Stoommachines vonden in die tijd vooral toepassing in de mijnen voor het oppompen van het

grondwater. In de ijzerproductie vonden belangrijke doorbraken plaats en daarmee was de weg bereid voor een bredere toepassing van ijzer.

Nederland had nauwelijks mijnbouw en ijzerproductie. Stimulansen vanuit deze industriële sectoren ontbraken dan ook volledig. Er was één terrein, waarvoor de stoomtechniek interessant was, namelijk de bemaling. En juist met stoombemaling experimenteerden de Nederlanders reeds in de 18de eeuw. Toen in het midden van de 19de eeuw de Haarlemmermeer met stoommachines werd drooggemalen, gebeurde dat met de grootste en de meest geavanceerde machines van de wereld. Het ontwerpen en bouwen van die machines gebeurden overigens wel met behulp van Britse technici. De afwezigheid van minerale grondstoffen belemmerde Nederland in het opbouwen van een nieuw domein, dat van de werktuigbouw en de werktuigbouwkundigen.

Maar er is nog een ander punt. Opmerkelijk is dat de stoomtechniek en het gebruik van ijzer aanvankelijk nauwelijks een bijdrage leverden aan de Industriële Revolutie in termen van langdurige, economische groei en een hoge productiviteit. Dat zou pas in de loop van de 19de eeuw het geval zijn. De economische groei en de productiviteitstoename in de 18de eeuw werden gerealiseerd met klassieke technieken. Daarbij was een belangrijke rol weggelegd voor het waterrad. Het vermogen en het rendement van de waterraderen namen voortdurend toe. De grondslag voor een grootschalige productie werd daarmee gelegd. Niet stoom, maar water was het hart van de energietechniek in de eerste fase van de Industriële Revolutie. Ook in dit opzicht had Nederland pech, omdat hier slechts rivieren en beken waren met weinig verval. Waterkracht was in die situatie van beperkte betekenis. Nederland was gefocust op windkracht. Het vermogen van de windmolens

— Nederland had nauwelijks mijnbouw en ijzerproductie. Stimulansen vanuit deze industriële sectoren ontbraken dan ook volledig.

kon echter met de toenmalige materialen nauwelijks opgevoerd worden. Grootschalige productie bleek met die energietechniek problematisch.

Nederland en de wereldeconomie

Tot slot was er nog een belangrijke oorzaak voor het ontbreken van stimulansen om te innoveren. Nederland verloor zijn centrale functie in de wereldeconomie. Zij had in de 17de eeuw het tijdelijk genoegen mogen smaken het mondiale centrum van de handelscontacten, de goederenstromen en het geldwezen te zijn. Nederland werd echter het slachtoffer van de dynamiek in de internationale concurrentie en het strategisch optreden van de rivaliserende staten. Een desastreuze strategie was het mercantilisme. Terwijl Nederland een ideologie en (deels) een praktijk van vrije handel en zeevaart propageerde, namen vele landen protectionistische maatregelen.

Zo kondigde Engeland in 1651 de Akte van Navigatie af. Alleen schepen in Engeland gebouwd én in Engels eigendom, mochten goederen naar en van Engeland vervoeren. Zij stelde ook vast dat de handel en scheepvaart met de Britse koloniën alleen via Engeland mochten geschieden. Verder moesten hoge tarieven de Engelse nijverheid en landbouw tegen buitenlandse concurrenten beschermen, evenals de belangen van de koloniën en wingewesten. Dergelijke maatregelen - ook door landen als Frankrijk, Pruisen,

Zweden, Denemarken, Spanje en Oostenrijkse Nederlanden (na 1750) - ondergroeven natuurlijk de positie van de Oude republiek.

Die positie werd ook in letterlijke zin aangevallen. Nederland kwam in de 17de en 18de eeuw haar rivalen tegen op meerdere strijdtonelen; op zee en vasteland.[11] Het kostte Nederland handen vol geld. Het protectionisme en de oorlogen betekenden verlies aan internationale concurrentiekracht. Bovendien verliep de handel tussen landen steeds rechtstreekser, zonder tussenkomst van Nederland.

Had een verlichte economie in deze situatie redding kunnen bieden? Een positief antwoord klinkt nauwelijks geloofwaardig. Ook voor innovatieve geesten was het een hopeloze strijd. Innovaties zouden een beperkt effect hebben gehad. Het investeren van de Nederlandse, kapitaalkrachtige elite in bijvoorbeeld staatsobligaties en niet in industriële innovaties was niet zozeer een teken van conservatisme, maar meer van rationeel gedrag. Een verlichte economie werkt niet alleen bij de gratie van innovatieve burgers en open instituties, maar ook bij de gratie van perspectiefvolle markten en perspectiefvolle innovaties. Dat laatste ontbrak in Nederland in de 18de eeuw.

Het thema van de Industriële Revolutie is een puzzel met vele stukjes die onder andere betrekking hebben op kennis, markten, grondstoffen en internationale verhoudingen. Voor Groot-Brittannië vielen die stukken aardig in elkaar aan het einde van de 18de eeuw mede door het initiatief van de Britten zelf. In Nederland lukte dat niet ondanks het eigen initiatief van de Nederlanders. Een nieuw soort technisch-economische dynamiek liet daardoor op zich wachten tot het midden van de 19de eeuw.

De Gouden Delta: doet technologie er nog toe in de 21ste eeuw?

Wetenschap en technologie zouden het *Nieuwe Atlantis* voortbrengen, zo voorspelde Francis Bacon, in 1627. Velen zeiden het hem na. Het Nieuwe Atlantis was een maatschappij waarin de armoede zou zijn verdwenen, de honger bezworen en de schaarste opgeheven. De mensen leefden er lang, gezond en gelukkig. Dit toekomstbeeld was het belangrijkste argument om op grote schaal te investeren in onderzoek en onderwijs. Opeenvolgende generaties van wetenschappers en ingenieurs gebruikten de belofte als de kern van hun bestaansrecht. En zij hielden woord.

Het duurde wel even voordat de belofte werd ingelost. In Nederland gebeurde dat vanaf 1850.[33] De stoommachine begon toen aan een opmars. De mechanisering van de productie kwam op gang. Samen met andere innovaties in bijvoorbeeld de chemie en de chemische nijverheid werd de overgang naar de moderne techniek en een moderne industrie een feit. De laatste decennia van de 19de eeuw bracht een nieuwe technische dynamiek met nieuwe sleuteltechnologieën zoals elektriciteit en de elektromotor, de verbrandingsmotor en de auto, telefonie en telecommunicatie, petrochemie en synthetische chemie. Nieuw was ook het researchlaboratorium, dat bijdroeg aan het innovatieve vermogen op een breed front, in de industrie, in de medische sector, in de landbouw,

op het kantoor en in het huis. De twee golven van vernieuwingen, ook wel bekend als de Eerste en de Tweede Industriële Revolutie, plaveiden het pad van het *Nieuwe Atlantis*.

Toch behoeft dit beeld een aantal correcties. De geschiedenis laat zien dat de processen helemaal niet zo lineair verliepen als de adepten van Francis Bacon ons willen doen geloven. Het geloof, dat wetenschap tot technologie leidt en technologie vervolgens tot innovaties en welvaart, blijkt iedere keer weer te worden ondergraven. Slechts voor enkele kennisdomeinen gold dat nieuwe, fundamentele theorieën direct nuttig konden zijn voor de ontwikkeling van nieuwe producten. Zo hielden vele onderzoekers op het Nat.Lab van Philips zich na de Tweede Wereldoorlog bezig met de quantummechanica, atoomfysica en vaste stof fysica. Deze kennis was direct relevant voor de ontwikkeling van de transistortechnologie, een sleuteltechnologie voor nieuw typen radio's, televisies en andere elektronische apparatuur. Toch behoorden dergelijke kennisdomeinen tot de uitzondering. Het merendeel van de bedrijfstakken (textiel, leer, tabak, bouw, etc) moest het doen met technieken, die nauwelijks steunden op fundamentele wetenschappen. Maar zelfs de zogenaamde 'science-based' industrieën hadden niet altijd profijt van hun fundamenteel onderzoek. Het afstemmen van het onderzoek op productie en markt ging nogal moeizaam.

In het algemeen is het lineaire model van Bacon en de zijnen niet houdbaar. Industrialisatie en economische groei zijn processen die niet eenzijdig toe te schrijven zijn aan wetenschap en technologie. Het kantelpunt in Nederland rond 1850 had ook te maken met een aantrekkende wereldeconomie, het einde van het mercantilisme en een liberaal offensief in Nederland. Rond 1900

— Een belangrijke grondtoon voor de schepping van het *Nieuwe Atlantis* gedurende het gehele tijdvak was het zogenaamde 'beschavings-offensief'. Niet wetenschap en technologie stonden voorop, maar de maatschappelijke missie.

waren het opkomend socialisme en de verzuiling mede bepalend voor de technisch-maatschappelijke ontwikkelingen. Na de Eerste Wereldoorlog was de nationale overheid meer dan in de decennia daarvoor een factor in economie en technologie. Na de Tweede Wereldoorlog waren wederopbouw, de geleide-loonpolitiek en de eendrachtige samenwerking tussen overheid en sociale partners elementen in het economisch en technologisch wonder.

Het beschavingsoffensief

Een belangrijke grondtoon voor de schepping van het *Nieuwe Atlantis* gedurende het gehele tijdvak was het zogenaamde 'beschavingsoffensief'.[14] Het ging hier om een maatschappelijke beweging, die vanaf 1850 groeide en het verheffen van de bevolking uit haar ellendige omstandigheden nastreefde. Niet wetenschap en technologie stonden voorop, maar de maatschappelijke missie. Lange tijd groepeerde de beweging zich onder de noemer van de 'sociale questie', een verzamelnaam voor arbeidsvraagstukken en kwesties over volksopvoeding, volkshygiëne, volksgezondheid en volkswoningbouw.

Deze vraagstukken werden druk bediscussieerd in de politiek en stonden hoog op de agenda van de verschillende zuilen en maatschappelijke organisaties. Belangwekkend was de bijdrage van jonge professionele groeperingen, bijvoorbeeld artsen, ingenieurs en huishoudkundigen. Zij kenden de oplossingsrichtingen, experimenteerden met technische opties en zetten proefprojecten op. Drinkwaterstelsels, rioleringen, goede voeding, veilige machines, efficiënt gebruik van huishoudelijke apparaten, verbeterde woningen en dergelijke waren hun thema's. Deze waren verbonden met discussies over een nieuwe inrichting van de maatschappij en een nieuwe rol van de overheid, niet alleen voor de nationale overheid, maar vooral ook voor de gemeenten. De nieuwe professionals propageerden sociale wetgeving. En na de totstandkoming van dergelijke wetgeving openden zich voor hen nieuwe arbeidsmarkten. Zij vonden werk in nieuwe instellingen zoals de inspectie voor de volksgezondheid, de arbeidsinspectie, de keuringsdienst voor waren en de consultatiebureaus.

Het beschavingsoffensief ging nog een stap verder door ook de opvoeding van het volk aan te pakken. Een gedragsverandering en een cultuuromslag waren noodzakelijk. Het 'gemeene' volk vertoonde in hoge mate dierlijk gedrag, boerde en spuwde, was vuil en ruw, ongedisciplineerd en onbeheerst. Zijn beroerde situatie was volgens een verlichte, burgerlijke en professionele elite deels een kwestie van normen en waarden. Arbeidzaamheid, netheid, plichtsbetrachting, gezond eten en lichaamshygiëne moesten aangeleerd worden. Naast de bouw van betere volkswoningen was eveneens een grondige inspectie van het gezinsleven vereist, naast de introductie van bad en douche ook de oefening in lichaamshygiëne in het badhuis, naast de verbetering van voedingsmiddelen tevens het onderwijs in een gezond eetpatroon, etc.

Het *Nieuwe Atlantis* vereiste naast een nieuwe techniek tevens een nieuwe maatschappij én een nieuw volk en wel volgens burgerlijke idealen.

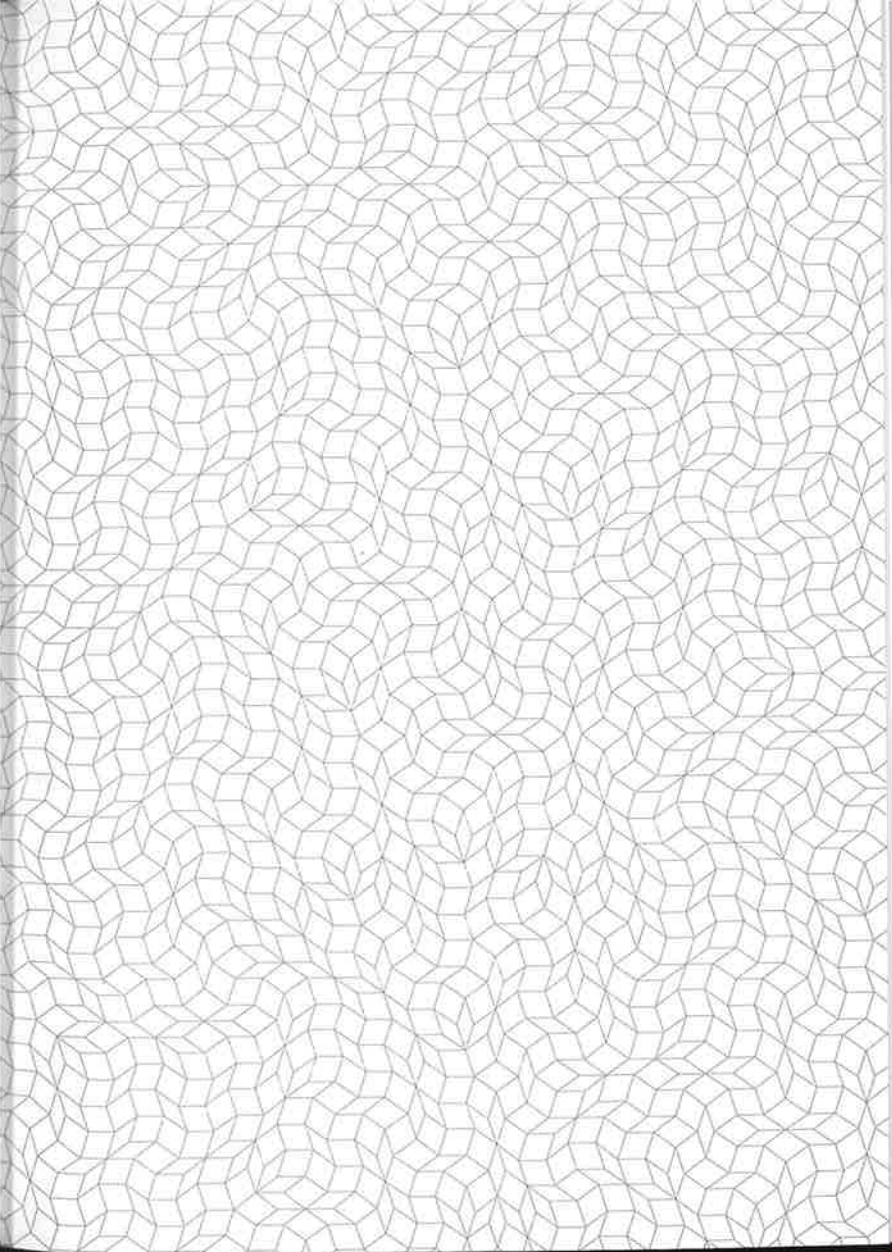
De Gouden Delta

Het *Nieuwe Atlantis* bestaat in verschillende vormen en maten. In landen zoals Groot-Brittannië, Japan en Frankrijk is de utopie op verschillende wijzen gerealiseerd. De Nederlandse variant zou men de *Gouden Delta* kunnen noemen.[35] Haar specifieke karakter heeft zij onder meer gekregen door de verzuiling en de strijd tegen het water. De *Gouden Delta* kent als kenniseconomie een zeer lange voorgeschiedenis die terug gaat tot de middeleeuwen. Als utopie krijgt zij maatschappelijk draagvlak in de 18de eeuw tijdens de verlichting. Als reële optie dient zij zich vanaf 1850 aan met de industriële revolutie. De realisatie neemt vervolgens meer dan een eeuw in beslag. Uiteindelijk vindt het proces zijn voltooiing in de jaren zestig van de 20ste eeuw. Nederland heeft dan een moderne kennisinfrastructuur en is een welvarende natie geworden. De Nederlanders zijn gezonder, hun levensverwachting is hoger en het volk gelukkiger dan ooit tevoren. De statistieken laten zien, dat het opheffen van de armoede tot gelukkigere mensen leidt en meer levensvoldoening onder de bevolking.

Hier is waarlijk sprake van een breuk in de geschiedenis, althans voor Nederland en de welvarende naties in de wereld. Het is nog nimmer vertoond in de geschiedenis van de mensheid dat niet alleen een elite, maar een volk als geheel boven het bestaansminimum wordt uitgetild; zonder uitzondering, ongeacht leeftijd, ongeacht geslacht en ongeacht inkomen, macht of bezit. Een belofte – eeuwenlang gedaan door wetenschappers en ingenieurs – is vervuld. De vraag is dan vervolgens: wat nu? Is er een nieuwe

uitdaging te formuleren, die weer lange tijd een drijfveer kan vormen voor wetenschap en technologie? Het is twijfelachtig of de focus op economische groei en welvaart nog eenzelfde enthousiasme teweeg zal brengen. Meer welvaart, zoveel is inmiddels duidelijk, zorgt de laatste decennia niet voor meer welbevinden. Bij een zeker welvaartsniveau zijn de basisbehoeften vervuld en blijken welvaart en technologie niet meer bepalend te zijn voor het welzijn van een samenleving. Andere factoren zoals sociale cohesie gaan dan een doorslaggevende rol spelen. Is zo'n hoog welvaartsniveau en technologisch peil dan nog wel vereist? Zijn zulke grote investeringen in onderzoek en ontwikkeling nog wel nodig? Doet technologie er nog wel toe in de 21ste eeuw?

— Bij een zeker welvaartsniveau zijn de basisbehoeften vervuld en blijken welvaart en technologie niet meer bepalend te zijn voor het welzijn van een samenleving.



Deel 2: TNO en de oorsprong van de kenniseconomie

TNO als icoon van het verlichtingsideaal

'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?'[36] In 1917 richtte de Koninklijke Academie 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 beschikbaar van €45.000 in 1918. Eenzelfde bedrag werd voor 1919 in het vooruitzicht gesteld. Deze forse bedragen, althans voor toenmalige begrippen, waren bestemd voor onderzoek en advies. De commissie Lorentz kreeg in 1924 een vervolg met de commissie Went, hoogleraar biologie en bij de KNAW opvolger van Lorentz toen deze in 1921 overleed. 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). In 1932 trad de wet in werking en was de oprichting van de organisatie TNO een feit. In de decennia daarna zou TNO uitgroeien tot de

grootste, zelfstandige onderzoeksorganisatie van Nederland. Momenteel telt zij circa 4000 medewerkers.

Salomons Huis

Degenen die het eerste deel van deze publicatie hebben gelezen, weten dat dit niet het complete verhaal is. In een bredere context is TNO het resultaat van een eeuwenlang proces, waarin het belang van wetenschap en technologie was gepropageerd. De inzet van dat proces stond bekend als Bacons programma. Deze Engelse wetenschapper leefde tijdens de wetenschappelijke revolutie en had in de 17de eeuw de kern van die revolutie beschreven. Het ging om theorievorming in relatie tot systematisch experimenteren. Fundamentele wetmatigheden in de natuur konden op deze wijze opgespoord worden. Dat opende de weg om de natuur te beheersen, technologie te ontwikkelen en de mensheid te dienen. Tijdens de Verlichting kreeg deze ambitie – óók in Nederland – een breed draagvlak. De aanhangers van Bacon trachtten ambachtelijke kennis zoveel mogelijk te objectiveren, zochten naar algemene

— Bacon had in een van zijn geschriften een schets gegeven van een ideale kennisorganisatie. Hij noemde die het 'Salomons Huis'. Het huis werd bewoond door een gemeenschap van onderzoekers, die wetenschappelijke kennis uit de hele wereld verzamelden en onderzoek verrichtten in laboratoria.

inzichten voor praktische problemen en stimuleerden een wetenschappelijke houding onder technici en ondernemers. Zij staken energie in de oprichting van verenigingen, opleidingen en tijdschriften om wetenschappelijke en technische kennis te ontwikkelen, te verspreiden en over te dragen.

Bacon had in een van zijn geschriften een schets gegeven van een ideale kennisorganisatie. Hij noemde die het 'Salomons Huis'. Het huis werd bewoond door een gemeenschap van onderzoekers, die wetenschappelijke kennis uit de hele wereld verzamelden en onderzoek verrichtten in laboratoria. 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 essentie van hun werk. De resultaten van het onderzoek van het 'Salomons Huis' werden vervolgens gebruikt in landbouw en industrie. Zij leidden bijvoorbeeld tot de conservering van voedsel in koelruimtes, 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 voor ogen hadden. TNO moest als nationale onderzoeksorganisatie dé 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 realisatie in de oprichting van TNO. TNO kan daarmee als het sluitstuk van Bacons programma en hét icoon van het verlichtingsideaal worden gezien.

TNO en 'gecodificeerde kennis'

TNO is een kennisorganisatie, dat wil zeggen een organisatie die kennis produceert ter ondersteuning van de kenniseconomie. Kennis heeft – zoals wij in deel 1 van het essay zagen – in een kenniseconomie van oudsher twee belangrijke verschijningsvormen, namelijk als 'gecodificeerde' kennis en als 'stilzwijgende' kennis. Op welke wijze vinden wij deze typen kennis terug bij TNO?

'Gecodificeerde' kennis is kennis neergelegd in geschreven, gedrukte of digitale teksten. TNO brengt ruwweg vier categorieën teksten voort, die successievelijk te maken hebben met kennisontwikkeling, kennisverspreiding, kennisvalorisatie en kennislegitimering.

Kennisontwikkeling is het kernbegrip voor de eerste categorie. Deze omvat de wetenschappelijke publicaties. Daarbij gaat het om de resultaten van eigen, wetenschappelijk onderzoek naar nieuwe inzichten, theorieën, modellen en naar nieuwe onderzoeksmethodieken, instrumenten en *software tools*. Het gaat ook om studies naar veiligheid, voedselkwaliteit, productiviteit en dergelijke.

Een tweede categorie is de vakpublicatie. In deze categorie staat kennisverspreiding 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, etc. Deze publicaties verschijnen als openbare TNO-rapporten, als beleidstudies voor ministeries of als artikel in een vaktijdschrift.

In een enkel geval voert TNO de redactie over zo'n tijdschrift, bijvoorbeeld in het geval van het tijdschrift Kunststof en Rubber, voorheen Plastica (opgericht in 1948).

Een derde categorie heeft vooral de focus van kennisvalorisatie. Een belangrijk deel van het TNO-onderzoek wordt verricht in opdracht van de overheid en het bedrijfsleven. Met name in het geval van het bedrijfsleven zijn de resultaten veelal exclusief voor de opdrachtgever en de rapporten vertrouwelijk. Het gaat dan om specifiek onderzoek: het ontwikkelen van een specifiek prototype, het testen van specifieke materialen, het doen van een bedrijfsintern onderzoek, het geven van een beleidsadvies, etc. Er zijn speciale procedures binnen TNO over hoe met deze vertrouwelijke rapporten om te gaan. Een ander type publicatie dat tot deze categorie behoort is het octrooi. Het omschrijft een uitvinding van TNO en geeft exclusieve rechten voor het maken of verkopen van een industrieel product. De informatie is publiek beschikbaar.

Tenslotte is er de categorie publicaties zoals jaarverslagen, brochures en gedenkboeken, die algemene informatie over de activiteiten van TNO verstrekt. Het belangrijkste medium is TNO Magazine, voorheen TNO Nieuws, dat tegenwoordig acht keer per jaar verschijnt en gratis wordt verspreid. Het tijdschrift bespreekt TNO in relatie tot brede thema's, bijvoorbeeld klimaat, het nieuwe werken, energie, water en infrastructuur. Het dient de maatschappelijke rol van TNO te verduidelijken en te legitimeren voor de overheid, het bedrijfsleven en een breed publiek.

60.000 wetenschappelijke tijdschriften

Kennisproductie en informatievoorziening in een kennisorganisatie zoals TNO kent nog een wezenlijke, andere kant.[37] TNO draagt niet alleen bij aan de mondiale kennisvoorraad, maar zij heeft ook

toegang tot deze immense kennisbron. Het behoort tot de basiscompetentie van de kennisorganisatie om daaruit op adequate wijze te putten.

Daartoe staat een indrukwekkende infrastructuur ter beschikking. Ons land kent de Nederlandse Centrale Catalogus, die de bibliografische gegevens en vindplaatsen van ruim 14 miljoen boeken en 500.000 tijdschriften omvat uit meer dan 400 Nederlandse bibliotheken. Internationaal bestaat er de OCLC, een organisatie zonder winstoogmerk, waarbij 72.000 bibliotheken zijn aangesloten in 171 landen. Zij bouwen de WorldCat op, een collectieve database met honderden miljoenen gegevens. Daarnaast hebben wetenschappelijke uitgevers zoals Elsevier, Wiley en Springer hun eigen infrastructuur, die tegen betaling gebruikt kan worden. Wereldwijd bestaan er circa 60.000 wetenschappelijke tijdschriften, waarvan er circa 23.000 'gerefereed' zijn (d.w.z. een selectieprocedure kennen door vakgenoten van de ingediende artikelen). Zij vormen samen met congresbijdragen, octrooien, etc. de primaire bron, waaruit onderzoekers putten. Grote vakgerichte zoeksystemen maken deze kennisvoorraad toegankelijk.

Er heeft zich de afgelopen decennia een stille revolutie voltrokken binnen TNO. De organisatie kende tot voor kort een groot aantal bibliotheken, ieder gerenommeerd op zijn eigen kennisdomein. Deze zijn nagenoeg allemaal verdwenen. De boeken zijn grotendeels weggedaan. Rapporten en specifieke publicaties blijven nog als *hard copy* bewaard. De thematiek van de informatievoorziening heet niet langer meer bibliotheekbeleid, maar kennismanagement, een nieuw begrip in de kenniseconomie. Hoe moet TNO intern, gegenereerde kennis vastleggen? Hoe kan optimaal gebruik worden gemaakt van externe, relevante kennis?

De kennisdrager heeft opnieuw een fundamentele verandering ondergaan: ooit als geschreven tekst, vervolgens in gedrukte vorm en nu digitaal beschikbaar. Het maken van teksten behoort echter al die tijd tot de genen van de kennisorganisatie.

— TNO draagt niet alleen bij aan de mondiale kennisvoorraad, maar zij heeft ook toegang tot deze immense kennisbron. Het behoort tot de basiscompetentie van de kennisorganisatie om daaruit op adequate wijze te putten.

TNO en 'stilzwijgende' kennis

'Gecodificeerde' kennis krijgt tegenwoordig de meeste aandacht. De productie van publicaties (artikelen, rapporten, boeken, congresbijdragen, etc.) staat bij kennisorganisaties zoals TNO voorop. Niet alleen het aantal publicaties is van belang (de kwantiteit), ook de status van de tijdschriften waarin de artikelen gepubliceerd worden, en het aantal keren dat artikelen geciteerd worden, tellen mee (de kwaliteit). Onderzoekers en onderzoeksgroepen worden erop afgerekend. Toch blijven belangrijke delen van de kennis persoonsgebonden en onbenoembaar.[38] Technologie kent naast 'gecodificeerde' kennis altijd een deel 'stilzwijgende' kennis, kennis die onbewust is en die niet gearticuleerd of beschreven kan worden. In de vroegere ambachten was 'stilzwijgende' kennis de basis voor de uitoefening van het ambacht. Maar nog steeds blijkt 'stilzwijgende' kennis essentieel te zijn voor kennisorganisaties zoals TNO, bijvoorbeeld bij het overdragen van kennis.

Kennisoverdracht is een centrale taak van TNO. In het jaarverslag van 1964 lezen wij, 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'.[39]

Vervolgens wijst het jaarverslag op het belang van verschillende typen kennis. 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 de 'gecodificeerde' kennis van TNO in deze gevallen niet toegankelijk. *Face-to-face* contact is noodzakelijk om 'gecodificeerde' én 'stilzwijgende' kennis over te dragen. In andere gevallen kan worden volstaan met een wetenschappelijk rapport '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'.[40]

Sociale interactie

Toch is deze gang van zaken complexer dan hij lijkt, gezien de vele problemen rond kennisoverdracht. Kennisoverdracht alleen via een rapport is meer uitzondering dan regel. TNO medewerkers hebben voortdurend *face-to-face* contact met de buitenwereld via conferenties, commissies, werkgroepen, tentoonstellingen, bedrijfsbezoeken, cursussen, adviseurschappen, etc. Zonder die interacties blijft 'gecodificeerde' kennis in vele gevallen een dode letter. Zij komt tot leven in combinatie met 'stilzwijgende' kennis.

TNO-medewerkers investeren veel in sociale netwerken. Dat gebeurt niet alleen ten behoeve van een effectieve kennisoverdracht. Ook ontwerp- en 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 ontwerp op basis van de marktvraag, de wensen

van de gebruiker of de behoefte van de burger. Om eigenschappen en functies op elkaar af te stemmen zijn 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. 'Stilzwijgende' kennis is in dat proces voortdurend vereist.

Op basis van theorieën over netwerken is te verwachten dat vernieuwingen eerder te verwachten zijn van kenniswerkers in centrale netwerkposities. Nieuwe ideeën zijn niet zozeer afkomstig van eenzame genieën broedend op het 'ei van Columbus', maar van creatieve personen met vele contacten. Een variëteit aan 'gecodificeerde' én 'stilzwijgende' kennis zou ten grondslag liggen aan het succesvol ontwerpen en innoveren.[41]

Dat is ook de reden, dat kennisorganisaties voortdurend bezig zijn om de voorwaarden te onderzoeken voor de optimale inzet van hun kenniswerkers in ontwerp- en innovatieprocessen. Zo besteedt TNO regelmatig aandacht aan de dwarsverbanden in haar organisatie. TNO heeft een rijke variëteit aan kennisdomeinen en expertise in huis. Haar innovatieve kracht moet deels voortkomen uit het bouwen van bruggen tussen onderzoeksgroepen. In het onlangs verschenen strategisch plan voor de periode 2011-2014 *Innoveren met Impact* wordt ingezet op een projectgestuurde organisatie, die de samenwerking over de TNO-kerngebieden heen moet vergroten en TNO in staat moet stellen te focussen op complexe multi-disciplinaire problemen. Het uitgangspunt is dat innovatieve oplossingen voor dergelijke problemen ontstaan op het snijvlak van meerdere disciplines en in creatieve teams van mensen met verschillende achtergronden.[42]

Nabijheid van andere kenniswerkers is een gunstige uitgangspositie voor *face-to-face* contacten. Vandaar dat TNO veel aandacht

besteedt aan de locatie van hun vestigingen. Belangrijke criteria zijn altijd geweest de nabijheid van universiteiten, industriële laboratoria, overheidslaboratoria en de grote klanten met hun experts. Ook uit onderzoek blijkt dat regio's met veel kennis-werkers een grotere innovativiteit en kennisproductie aan de dag leggen dan andere.

Tot slot, 'stilzwijgende' kennis en *face-to-face* contacten zijn essentieel voor de kennisoverdracht naar een volgende generatie kenniswerkers in kennisorganisaties. Dat gold ook voor de ambachten en de gilden. Al waren de eigenschappen en functies van een gereedschap of werktuig nog zo gedetailleerd beschreven, het betekende niet dat een leerling in staat was deze te hanteren of te maken. Voor vele ambachten gold een leertijd van 7 jaren met veel *face-to-face* interactie. De leerling 'keek' het van de meester 'af'. Tegenwoordig is dat met de moderne technologie niet anders. Een student besteedt veel tijd aan het lezen van studieboeken. Hij zal echter ook vele uren moeten doorbrengen in laboratoria en bezig moeten zijn met projecten onder leiding van docenten om een goed technicus te worden. In de samenwerking met universi-teiten en hogescholen gaat het bij TNO niet alleen om de relaties met onderzoekers, maar ook met docenten en studenten. In die contacten moet de weg worden bereid voor de inwijding van nieuw talent in de TNO cultuur. Vervolgens begint zijn leerproces in TNO en wordt de specifieke bedrijfskennis via de directe interactie tussen kenniswerkers overgedragen.

TNO kent de slogan 'Kennis voor zaken'. Kennisvalorisatie, het ten nutte maken van kennis, is de centrale doelstelling. Kennisproductie en kennisoverdracht staan daar in dienst van.

'Stilzwijgende' kennis is daar evenzeer voor nodig als 'gecodificeerde' kennis. Vermoedelijk ligt in de 'stilzwijgende' kennis een belangrijke beperking voor de technologische ontwikkeling. Ondanks de explosief gestegen hoeveelheid 'gecodificeerde' kennis en de snellere verspreiding daarvan door de opkomst van internet, blijft de arbeidsproductiviteit (een maat voor het technologisch niveau) gewoon lineair toenemen. 'Stilzwijgende' kennis blijft schaars en het aantal *face-to-face* interacties heeft zijn grenzen.[43]

— Ondanks de explosief gestegen hoeveelheid 'gecodificeerde' kennis en de snellere verspreiding daarvan door de opkomst van internet, blijft de arbeidsproductiviteit (een maat voor het technologisch niveau) gewoon lineair toenemen.

TNO: de oude en nieuwe missie

TNO is een hoeksteen van de kenniseconomie. Als icoon van het verlichtingsideaal lag haar missie voor de hand. Zij moest meebouwen aan een welvarende natie, waarin armoede en schaarste tot het verleden behoorden. Zo'n natie kwam in Nederland na een lang en moeizaam proces tot stand in de jaren zestig van de 20ste eeuw. Wetenschap en technologie hadden daarmee hun roeping vervuld. Paradoxaal genoeg leidde dat direct tot een crisis. Wat moest de nieuwe ambitie van wetenschap en technologie worden? Waaraan konden zij voor de toekomst hun legitimiteit ontlenen? Deed technologie er nog wel toe in de 21ste eeuw? Iedere kennisorganisatie kreeg met deze vragen te maken, zo ook TNO.

Wij gaan terug naar de beginjaren en bekijken de wijze waarop TNO zijn bestaan na de Tweede Wereldoorlog – tijdens de wederopbouw – verantwoordde. Het gedenkboek uit 1957 *Een kwart eeuw TNO* leent zich daar uitstekend voor. Zij laat prominente persoonlijkheden van binnen en buiten TNO aan het woord. Daartegenover zetten wij het *TNO strategisch plan 2011-2014*. Innoveren met impact, dat onlangs is gepubliceerd. Is er sprake van een nieuwe legitimiteit en zo ja, hoe ziet die eruit?

Het gedenkboek

Het gedenkboek uit 1957 is een grote lofzang op de natuur- en technische wetenschappen: '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.'[44] De industrie had haar aarzelende houding tegenover de wetenschap losgelaten. De krijgsmacht kon niet zonder research.[45] Ook voor de gezondheidszorg werd nu erkend, dat 'de overheid het wetenschappelijk onderzoek behoeft als grondslag voor het door haar te voeren beleid'.[46] Hetzelfde gold voor het voedingsonderzoek.[47] Het gedenkboek is een typisch tijdsdocument. Nog nooit was het vooruitgangsgeloof zo groot geweest. Nederland was erg onder de indruk van de wetenschappelijke en technologische voorsprong die Amerika tijdens de Tweede Wereldoorlog had opgebouwd. Het voorbeeld van de atoombom liet zien hoe fundamentele wetenschappelijke ontwikkelingen in korte tijd konden worden omgezet in technische toepassingen.

TNO zou een belangrijke schakel moeten vormen in het ten nutte maken van het wetenschappelijk onderzoek. Slaagde de organisatie daarin? Het gedenkboek liet daar geen twijfels over bestaan. 'Dat het TNO-speurwerk ... belangrijke resultaten heeft

— Het gedenkboek uit 1957 is een grote lofzang op de natuur- en technische wetenschappen: 'Geen gebied van de samenleving kan het tegenwoordig nog stellen buiten de wetenschap. Overal wordt deze ingeschakeld voor de oplossing van problemen ...'

opgeleverd, spreekt vanzelf', zo schreef de voorzitter van het Verbond van Nederlandse Werkgevers bij het vijfentwintigjarig bestaan van TNO.[48] Hij ondersteunde zijn stelling met tal van voorbeelden uit de scheepsbouw, de textielindustrie, de bouw, de leerindustrie, de metaal, et cetera. De toon van het gedenkboek was zelfverzekerd. 'TNO heeft zijn plaats gevonden en overziet ... welke plaats het in Nederland nog te vervullen heeft', aldus de toenmalige voorzitter van TNO.[49]

Het belangrijkste thema was niet het bestaansrecht van TNO, maar de wijze waarop zij als schakel moest functioneren. Hier stak een oude kwestie de kop op. Leidde onderzoek – zoals het vooruitgangsgeloof beweerde – automatisch tot innovaties? Moesten overheid en industrie zich beperken tot het beschikbaar stellen van de onderzoeksmiddelen en zich verder niet bemoeien met de inhoud van het onderzoek? In hoeverre dienden de onderzoekers van TNO een grote vrijheid te hebben en louter hun nieuwsgierigheid te volgen? Het antwoord van TNO op deze vragen was de oprichting in de jaren vijftig en zestig van een scala aan instituten, researchverenigingen, werkgroepen en commissies samengesteld uit TNO-medewerkers, universitaire onderzoekers, technici uit de industrie en overheidsambtenaren, die gezamenlijk zorg droegen voor de onderzoekprogramma's.[50]

Het Strategisch Plan

Hoe anders is de toonzetting van het *TNO Strategisch Plan 2011-2014. Innoveren met impact*. 'Innovatie heeft vooruitgang gebracht: een welvarende samenleving en een competitief bedrijfsleven', aldus begint de paragraaf over de missie van TNO. '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-, beta- en gammatechnologie'.[51] De uitgangspunten voor een nieuwe missie aan het begin van de 21ste eeuw, die concurrentiekracht, welzijn en duurzaamheid centraal stelt, zijn daarmee kort samengevat.

Hoe anders is ook de verdere uitwerking van de TNO-missie in vergelijking met de jaren vijftig. Aan het strategisch plan zijn uitvoerige discussies in de top van TNO voorafgegaan over de ontwikkelingen in de wereld, Europa en Nederland. Welke belangrijke trends zijn er te zien en welke relevantie hebben zij voor TNO? Wat betekent de opkomst van landen zoals China voor de innovatieagenda van Nederland en TNO? Hoe moet ingespeeld worden op de demografische verschuivingen, de vergrijzing van Europa en de explosieve bevolkingstoename buiten Europa? In hoeverre staan sociale cohesie en culturele identiteit in Nederland onder druk en moet TNO op deze problematiek anticiperen?

TNO zal zich gaan concentreren – zo luidt de uitkomst van de beraadslagingen – op zeven thema's (waaronder integrale veiligheid, gezond leven, industriële innovatie en energie, zie de tabel) Een belangrijk criterium voor de keuzes is de urgentie van het maatschappelijk vraagstuk. Verder moeten de thema's aansluiten bij de prioriteiten van de overheid en andere betrokkenen en bij de eigen kracht van TNO. Het geheel moet tevens logisch passen in de Nederlandse en Europese kennisinfrastructuur.

In het strategisch plan gaat het in eerste instantie niet om wetenschap en onderzoek, maar om vraagstukken en behoeften. Dat zien wij ook terug in de uitwerking van de thema's. Vanuit een verdere analyse van de context, trends en problemen geeft het TNO-management zijn visie op oplossingsrichtingen. In combinatie met de prioriteiten van externe partijen en de sterktes

van TNO levert dat per thema twee of meer innovatiegebieden op, in totaal 19 (zie de tabel). Een voorbeeld. De Nederlandse jeugd voelt zich over het algemeen gelukkig. Haar gezondheid en ontplooiingskansen worden echter bedreigd. Overgewicht neemt onder de jeugd sterk toe. Een kwart leidt aan een chronische ziekte. Zij gedraagt zich meer en meer onveilig en ongezond. Het alcoholgebruik is hoog en stijgend. 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 en een betere afstemming na binnen de jeugdzorg. Deze blijkt versnipperd te zijn, waardoor problemen onopgemerkt en onopgelost blijven.

TNO wil niet alleen anticiperen op maatschappelijke ontwikkelingen. Zij kiest ook voor een initiërende rol bij het scherp krijgen van urgente vragen en bij het uitlokken van debat over nieuwe vraagstukken. Zo krijgt volgens haar materiaalschaarste te weinig aandacht, vooral de schaarste aan zogenoemde metaalmineralen. Het gaat dan onder andere om chroom, koper, zink en platina. De hoeveelheid winbare materialen neemt snel af. Dat heeft zijn invloed op duurzame technologieën zoals brandstofcellen en zonnecellen. Het zal ook Nederlandse industriële sectoren treffen, in het bijzonder automotive, luchtvaart, bouw, verpakking, zonne-energie en energieopslag. Zij zijn vrijwel volledig afhankelijk van de import van materialen. TNO zal zich gaan inzetten voor een nationaal initiatief om een urgentiegevoel te creëren bij overheid en publiek. Zij streeft naar een Nationaal Platform Metaalschaarste, dat een researchagenda moet opstellen en middelen moet mobiliseren.

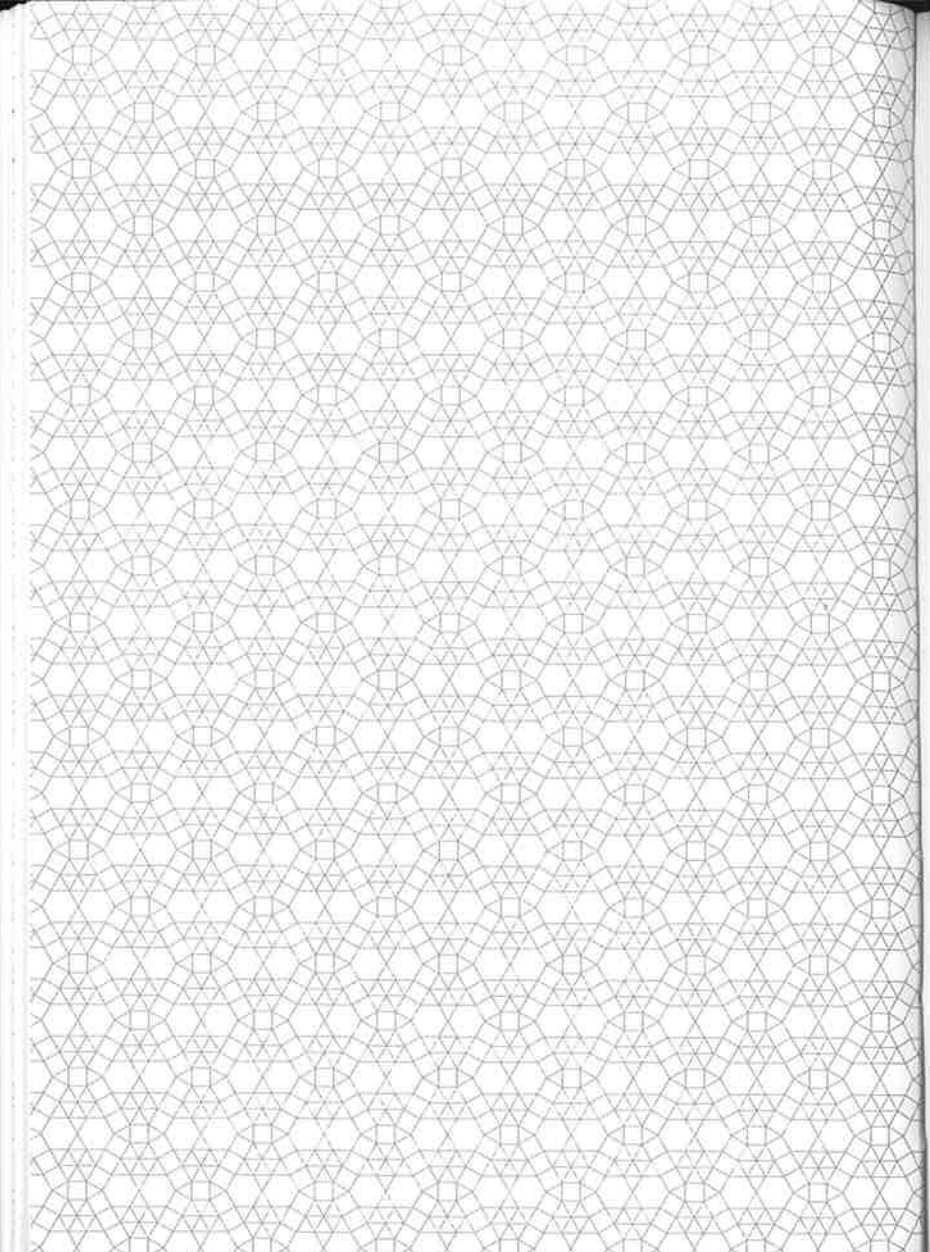
De nieuwe missie van TNO ademt een geheel andere atmosfeer uit dan een halve eeuw geleden. De verschillen tussen het gedenkboek en het strategisch plan zijn enorm. Kort samengevat: in het eerste geschrift is het onderzoek het uitgangspunt, in het tweede geschrift het maatschappelijk vraagstuk. Het jonge TNO verantwoordde zich met te verwijzen naar het belang van wetenschap en technologie (in de geest van Bacons programma), het hedendaagse TNO verwijst naar grote problemen in relatie tot wereldwijde en nationale trends (in de geest van de wereld in 2025). Toen was de slogan 'Speurwerk maakt sterk', nu opent het strategisch plan met de vraag 'Hoe bereiken we een duurzame samenleving?'

— Het jonge TNO verantwoordde zich met te verwijzen naar het belang van wetenschap en technologie (in de geest van Bacons programma), het hedendaagse TNO verwijst naar grote problemen in relatie tot wereldwijde en nationale trends (in de geest van de wereld in 2025)

De nieuwe strategie van TNO

Hoofdthema	Innovatiegebied
1. **Gezond leven**	1. Levenslang gezond 2. Gezonde en veilige voeding 3. Gezond, veilig en productief werken 4. Biomedische innovaties
2. **Industriële innovatie**	5. Hightech systemen en materialen 6. Maritiem en offshore 7. Chemie
3. **Integrale veiligheid**	8. Wereldwijd inzetbare krijgsmacht 9. Veilige maatschappij
4. **Energie**	10. Energiebronnen en transitie 11. Energie-efficiëntie
5. **Mobiliteit**	12. Betrouwbaar verkeerssysteem 13. Veilige en schone transportmiddelen
6. **Gebouwde omgeving**	14. Vitale stedelijke omgeving 15. Duurzaam bouwen 16. Informatie en ondergrond
7. **Informatiemaatschappij**	17. Toekomstig internetgebruik 18. Maatschappelijke impact van ict 19. Vitale ict-infrastructuren

Bron: *TNO Strategisch Plan 2011-2014. Innoveren met impact.* (z.pl. 2010), 36-37



Noten

1 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 lange termijn ontwikkelingen in kennis en economie, en het ontstaan van de 'grote kloof' en 'kleine kloof'.

2 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 prachtige studie over technische creativiteit in en kennistransfer van en naar de Noordelijke Nederlanden

3 Angus Maddison, *Contours of the world economy, 1-2030 AD. Essays in macro-economic history* (Oxford 2007), 69-73

4 Over de waarde van deze cijfers bestaat in de historische gemeenschap een stevig debat. In dit essay wordt daaraan voorbij gegaan.

5 Zie hiervoor: Joel Mokyr, *The lever of riches. Technological creativity and economic progress* (Oxford 1990), 209-218

6 Mokyr, *The lever of the riches...*, 219-224

7 Eric L. Jones, *The European miracle* (Cambridge 1981), 160. Geciteerd door Mokyr, *The lever of the riches...*, 219

8 Van Zanden (with Eltjo Buringh), *The long road...*, 75-80

9 Zie voor het navolgende: Van Zanden, *The long road...*, 43-50; 80-91 (with Eltjo Buringh)

10 Zie hiervoor: L. White, *Medieval technology and social change* (Oxford 1962)

11 Van Zanden, *The long road...*, 188. Om preciezer te zijn: Het gaat om twee onderzoekingen m.b.t. China, respectievelijk voor de periode 1522-1644 en 1505-1644. De schatting van het eerste onderzoek komt op een jaarlijkse productie van 27 titels en van het tweede onderzoek op een jaarlijkse productie van 47 titels. Het onderzoek voor West Europa betreft de periode 1522-1644

12 Zie voor een evaluatie van diverse hypotheses over het achterblijven van China: Mokyr, *The lever of the riches...*, 224-238

13 Zie voor het navolgende: Van Zanden, *The long road...*, 64-68

14 Hoe de relatie tussen kennisaccumulatie en economische groei precies ligt is een complex vraagstuk. Voor economen voldoet vaak de constatering dat kennisontwikkeling als endogene factor statistisch gezien een belangrijk deel van de economische groei verklaart naast de factoren kapitaal en arbeid. Hoe kennisontwikkeling *in de praktijk* leidt tot economische groei is nog in vele opzichten een raadsel, ondanks de vele publicaties over dit onderwerp.

15 Maddison, *Contours of the world economy...*, 70, table 2.1

16 Van Zanden, *The long road...*, 95-100

17 Van Zanden, *The long road...*, 184-190; 199-201

18 Zie voor het navolgende: Van Zanden, *The long road...*, especially chapter five, 149-176

19 Met uitzondering van Zuid China. Van Zanden, *The long road...*, 159

20 Met uitzondering van Centraal Europa. Van Zanden, *The long road...*, 155, table 6. De cijfers in tabel 6 zijn niet in alle opzichten overtuigend voor de bewijsvoering dat het loon voor ambachtelijk werk aanzienlijk lager lag in de Noordzee regio t.o.v. andere delen van West Europa.

21 Van Zanden (with Tine de Moor), *The long road...*, especially chapter four, 101-144

22 Voor een uitgebreide studie over deze thematiek, zie: 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

23 Davids, *The rise and decline of Dutch technological leadership...*, 219-229

24 Davids, *The rise and decline of Dutch technological leadership...*, 203-219

25 Zie naast Davids (*The rise and decline of Dutch technological leadership...*), ook Harry Lintsen, *Made in Holland. Een techniekgeschiedenis van Nederland [1800-2000]* (Zutphen 2005), 116-119

26 Zie voor het navolgende Joel Mokyr, *The enlightened economy. An economic history of Britain 1700-1850* (London 2009), 30-39

27 Mokyr, The enlightened economy..., 40-62

28 Zie voor het navolgende: Davids, *The rise and decline of Dutch technological leadership...*, 482-502

29 Davids, *The rise and decline of Dutch technological leadership...*, 521-523

30 Davids, *The rise and decline of Dutch technological leadership...*, 523-525

31 Op dit punt verschil ik van mening met Mokyr en Davids. Beide auteurs geven een bevestigend antwoord op de vraag. De navolgende argumentatie is van mijn hand.

32 De Akte van Navigatie leidde tot de eerste Engelse oorlog (1652-1654). Er zouden nog drie oorlogen tegen de Engelsen volgen: 1665-1667, 1672-1674 en 1780-1784. Vanuit het zuiden vormde Frankrijk een voortdurende bedreiging, maar ook uit het oosten (Pruisen) en zelfs het noorden (Zweden) dreigde er gevaar. Het kostte Nederland handen vol geld.

33 Zie hiervoor: Lintsen, *Made in Holland...*, speciaal hoofdstuk 18

34 Lintsen, *Made in Holland...*, 344-346

35 Zie hiervoor: Lintsen, *Made in Holland...*, speciaal hoofdstuk 19

36 Geciteerd in Kasteel, T. J. van, 'Ontstaan en groei van TNO', in: *Een kwarteeuw TNO, 1932-1957*, Den Haag, 1957, 9

37 Met dank voor commentaar en gegevens aan L. Osinski en K. Klijs, respectievelijk bibliothecaris en voormalig hoofd van de bibliotheek van de Technische Universiteit Eindhoven.

38 Zie voor een beschouwing over persoonsgebonden kennis: K. Frenken, *Kenniseconomie in evolutionair perspectief* (Intreerede TUEindhoven 2010), 9-14

39 *Organisatie TNO. Verslag over het jaar 1964*, 95

40 *Organisatie TNO. Verslag over het jaar 1964*, 96

41 Frenken, *Kenniseconomie in evolutionair perspectief...*, 12

42 Overigens is het succes van een projectgestuurde organisatie geen uitgemaakte zaak. Haar effectiviteit is nog steeds object van onderzoek.

43 Frenken, *Kenniseconomie in evolutionair perspectief...*, 11

44 *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), 49

45 *Een kwart eeuw TNO 1932-1957...*, 73

46 *Een kwart eeuw TNO 1932-1957...*, 69

47 *Een kwart eeuw TNO 1932-1957...*, 93

48 *Een kwart eeuw TNO 1932-1957...*, 60

49 *Een kwart eeuw TNO 1932-1957...*, vii

50 Zie hiervoor: Harry Lintsen (red.), *Techniek in actie. Een geschiedenis van TNO Industrie en Techniek* (z.pl. 2007), 22-28

51 *TNO Strategisch Plan 2011-2014. Innoveren met impact*, (z.pl. 2010), 29

52 *TNO Strategisch Plan 2011-2014...*, 42 e.v.

53 *TNO Strategisch Plan 2011-2014...*, 31-33