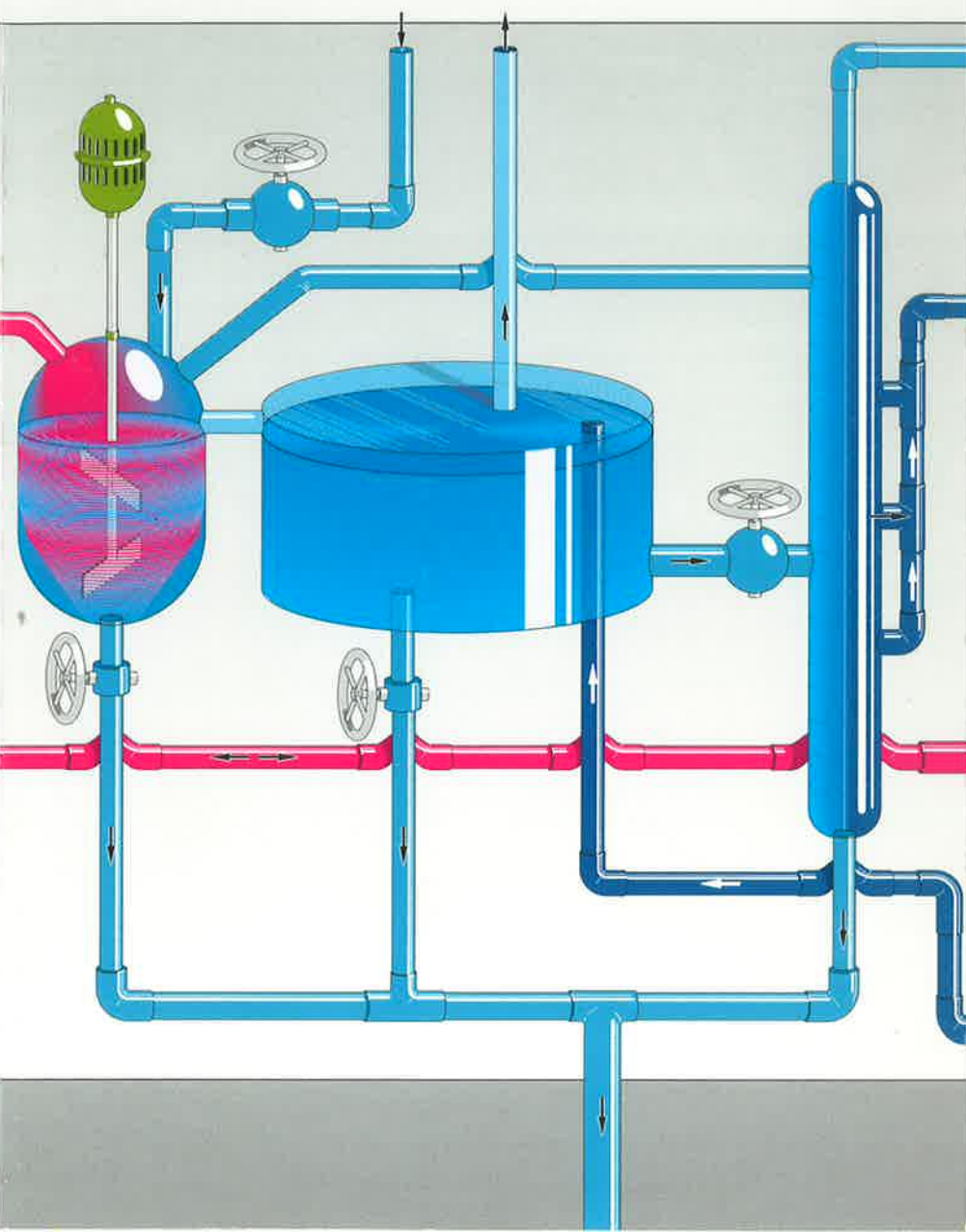
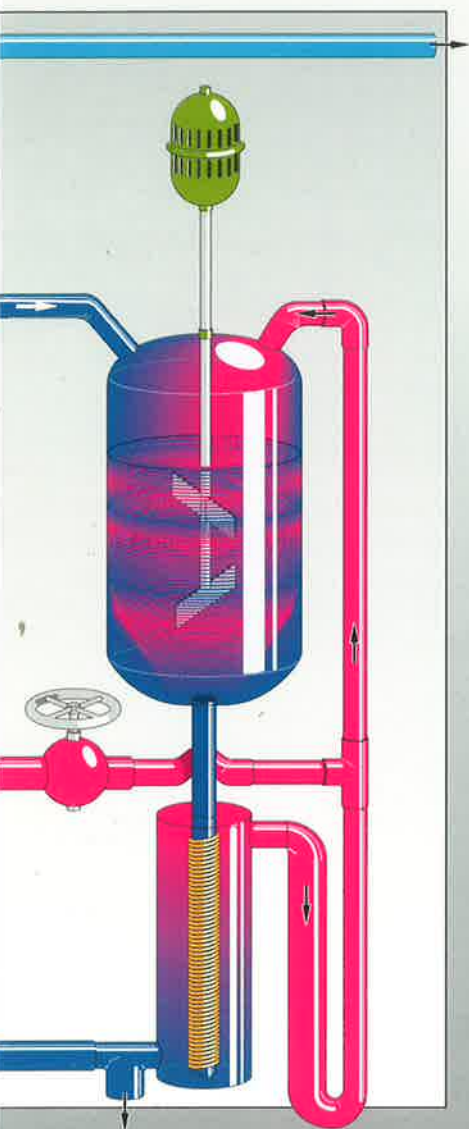


Ondernemen in Wetenschap

Het functioneren van de dienstverlenende
onderzoekorganisatie

Arthur Rörsch





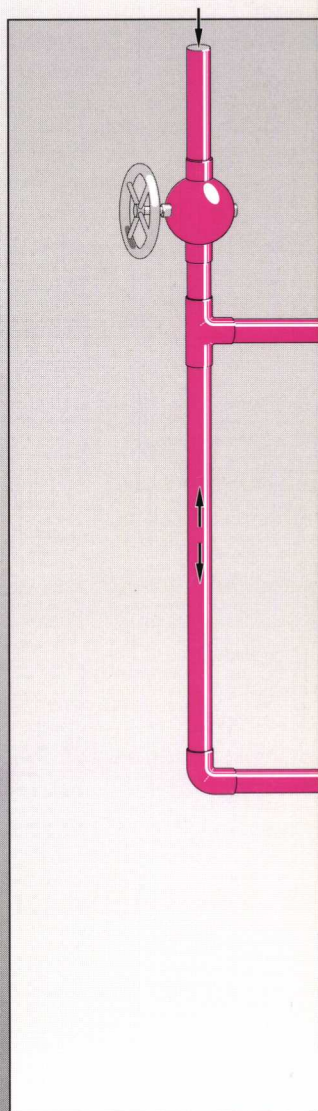


Arthur Rörsch

In de technisch-wetenschappelijke infrastructuur zijn verschillende actoren actief. De professionele dienstverlenende onderzoekorganisaties vormen een speciale categorie. Daartoe behoren in Nederland de zogenoemde Grote Technologische Instituten alsmede TNO. De 'core business' van dergelijke organisaties is de transformatie van kennis in praktische resultaten. Voor een deel doen ze dat zelf, voor een deel assisteren ze anderen daarmee, meestal bedrijven. Deze vorm van bedrijvigheid is extreem risicovol.

In een serie opstellen worden verschillende aspecten belicht van de opgaven waarvoor deze organisaties zich gesteld zien als ze een belangrijk deel van de verantwoordelijkheid voor hun continuïteit zelf moeten dragen. Wat is hun rol en positie in de infrastructuur, hoe kunnen ze de risico's beheersen en welke strategie biedt kans op een acceptabel bedrijfsresultaat?

Arthur Rörsch (1933) kreeg zijn opleiding als scheikundig ingenieur aan de TU Delft. In 1957 trad hij in dienst van het toenmalige Medisch Biologisch Laboratorium TNO van waaruit hij promoveerde op een onderwerp uit de moleculaire genetica. In datzelfde vakgebied is hij sinds 1968 hoogleraar aan de Faculteit Geneeskunde van de Rijksuniversiteit te Leiden. Vanaf 1980 maakte hij deel uit van de Raad van Bestuur van TNO. De aanleiding voor deze publicatie was zijn afscheid van TNO op 2 februari 1994. Zijn nieuwe functie is voorzitter van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (NRLO).



Ondernemen in Wetenschap

Value for Money

Money for Value

De positie en het functioneren van de professionele dienstverlenende
onderzoekorganisatie in de wetenschappelijke infrastructuur

Prof.dr.ir. A. Rörsch

TNO, Delft

CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag

Rörsch, A.

Ondernemen in wetenschap: value for money, money for value: de positie en het functioneren van de professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie in de wetenschappelijke infrastructuur / A. Rörsch. - Delft: Nederlandse Organisatie TNO. - III.

Met lit. opg.

ISBN 90-6743-304-7

Trefw.: wetenschap en techniek.

Uitgegeven bij het afscheid van A. Rörsch van TNO op 2 februari 1994.

Copyright © 1994 TNO. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande toestemming van de auteur.

Ontwerp omslag

Jos van den Broek, Leiden

Vormgeving en druk

Drukkerij Lakerveld, Den Haag

Ter nagedachtenis opgedragen aan Adam Roersch (1905-1987), Teunis Schalekamp (1906-1968) en Noud Douwes (1914-1987), met wie ik van jongs af aan discussieerde over het (kleine) ondernemerschap, en aan Johan van der Haak (1915-1993), die mij de beginselen van de paardesport heeft bijgebracht.

Inhoud

I. Inleiding 7

Samenvatting van de essentie

II. Een akker in de wildernis 14

Een allegorische voorstelling van de positie van de professionele onderzoekorganisatie in de wetenschappelijke wereld

III. Contractresearch en markt voor onderzoek in Europa 26

Het buitenklimaat van de professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie

IV. De grondslagen van het kennisverwerkende bedrijf 37

Het binnenklimaat van de professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie

V. Het spreiden en beheersen van risico's 46

'How to make research pay off?'

VI. Aansturing van gezondheidsonderzoek in Nederland 55

De professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie in de non-profit-sector

VII. Het fabrieksmodel, een simulatiespel 65

Theoretische beschouwing over het kwantitatief functioneren van het kennisverwerkende bedrijf

VIII. Absolute randvoorwaarden voor Duurzame Ontwikkeling 90

Natuurwetenschappelijke hoofdwetten en hun consequenties

Referenties en noten 106

I. Inleiding

Samenvatting van de essentie

Onder een professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie (PDO) wordt verstaan een R&D-instelling die ondernemersgewijs kennis produceert en daarmee continuïteit van de dienstverlening waarborgt.

De term 'professioneel' moet hierbij niet alleen worden gezien als een specificatie van de wijze waarop het onderzoek wordt verricht, doch vooral van de manier waarop de dienstverlening wordt verzorgd.

De ondernemersgewijze produktie impliceert:

- dat er een 'markt' voor de kennisprodukten bestaat waarin het 'kennisbedrijf' een aandeel tracht te verwerven,
- dat daarbij weloverwogen risico's worden genomen met betrekking tot de investeringen die moeten worden gedaan,
- dat de grootst mogelijke efficiëntie bij de produktie wordt nagestreefd om een optimale kosten/baten-verhouding te bereiken.

Het bewerken van een markt en het nemen van risico's zijn onverbreekbaar met elkaar en met het ondernemerschap verbonden. De markt bestaat niet alleen uit potentiële afnemers, maar ook uit concurrenten. Door beide onderdelen van de markt te verkennen, wordt gepoogd de te nemen risico's voor investeringen zo goed mogelijk in te schatten. In de wijze waarop dit wordt uitgevoerd, brengt de PDO een groot deel van zijn professionele aanpak tot uitdrukking.

In het 'kennisbedrijf' heeft het begrip 'investering' niet alleen betrekking op produktiemiddelen zoals gebouwen, installaties en medewerkers. Ook een niet onaanzienlijk deel van de produktie die in een andersoortig bedrijf gewoonlijk als 'exploitatie' wordt aangemerkt, moet als een investering worden gezien. Namelijk dat deel dat dient om een kennisvoorraad op te bouwen, die nodig is om exploitabele, dat wil zeggen verkoopbare, kennis te genereren.

Deze kennisvoorraad, ook aan te duiden als de portfolio van de onderneming, is van strategische betekenis voor het kennisbedrijf. Het onderzoek dat voor de opbouw van deze strategische kennisvoorraad

nodig is, wordt strategisch onderzoek genoemd. De produktie van exploitabele, verkoopbare kennis wordt aangeduid als toegepast onderzoek.

Bij een nadere beschouwing van de produktiemethoden van het kennisbedrijf is het allereerst noodzakelijk zich voor ogen te houden dat het verrichten van strategisch onderzoek zeer risicodragend is. Slechts een klein deel van de inspanning leidt uiteindelijk tot halffabrikaten die na verdere opwerking verkoopbare kennisprodukten opleveren. Het risico van strategisch onderzoek is zo groot, dat in de praktijk slechts de zeer grote ondernemingen zich de investering hierin kunnen veroorloven.

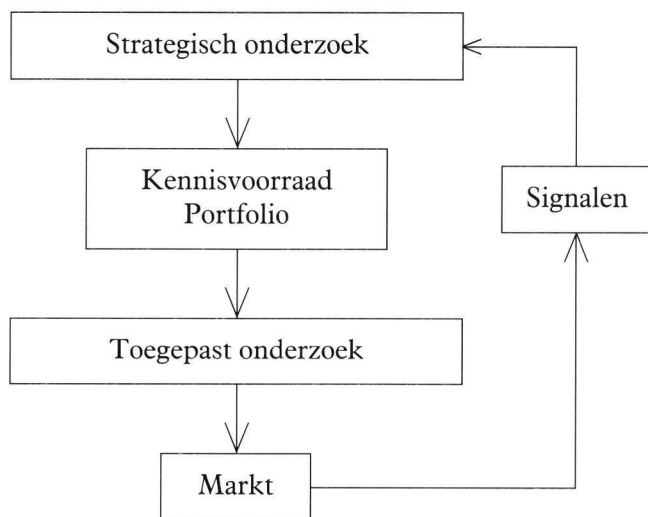
Dit maakt de PDO als 'stand alone' onderzoekinstelling, die aan een veelvoud van klanten diensten verleent op basis van een opgebouwde strategische kennisvoorraad, tot een zeer risicodragende onderneming. Het beheersen van deze risico's is een afzonderlijke professie geworden waardoor de PDO in de kennisinfrastructuur een specifieke positie is gaan innemen.

In recente beschouwingen^(1,2,3,4) over de verbetering van de kennisinfrastructuur, o.a. in regeringsnota's, adviezen van organisatiebureaus en wetenschappelijke adviesraden, wordt in het algemeen het specifieke karakter van de PDO onvoldoende onderkend. Deze beschouwingen zijn vooral gericht op het verhogen van de efficiëntie van de kennisinfrastructuur en het verbeteren van de kennisoverdracht van kennisproducenten naar de kennisgebruikers. De efficiëntie dient vooral te worden verbeterd met het oog op een verantwoorde besteding van de publieke middelen die in de infrastructuur omgaan. Het streven naar verbetering van de kennisoverdracht komt voort uit het gevoel dat er fundamenteel en strategisch onderzoek plaatsvindt dat niet of onvoldoende op een marktbehoefte is afgestemd ofwel die markt onvoldoende bereikt.

In bedoelde nota's heeft men hetzelfde schema (zie Schema 1) in het achterhoofd als in het voorgaande voor de aanpak in de PDO is gegeven.

Signalen uit de markt bepalen hierbij de opbouw van de strategische kennisvoorraad. Vooralsnog is echter de vraag onbeantwoord gebleven

of de werkwijze van de PDO, zoals die hierna wordt beschreven, überhaupt wel kan dienen als model voor het functioneren van de nationale kennisinfrastructuur voorzover de kennistoepassing daarbij een rol speelt. Immers, uitgangspunt voor het goed functioneren van het kennisbedrijf is *kennis* van de markt (van kennisproducenten en -gebruikers). Dit is gewoonlijk niet of slechts zelden het uitgangspunt van genoemde nota's en adviezen. Meestal wordt volstaan met de aanname, zonder professionele verificatie, dat er een markt is voor bepaalde typen kennis en deze aanname is meestal gebaseerd op de waarneming dat andere landen ook in die specifieke gebieden investeren. De vraag of en welke Nederlandse ondernemer behoefte heeft aan welke kennis, blijft daarbij meestal onbeantwoord. Dit genereert uiteraard (in genoemde nota's en adviezen) de oproep aan het bedrijfsleven de stem te verheffen. Dat men er echter nogal terughoudend mee is om dat publiekelijk te doen, is volstrekt begrijpelijk. Immers, ook de producent



Schema 1

Het uitgangspunt van de dienstverlenende onderzoekorganisatie. Als gevolg van signalen uit de markt over de te veronderstellen onderzoekbehoefte in de toekomst, wordt strategisch onderzoek verricht waarmee een kennisportfolio wordt opgebouwd, op basis waarvan op bestelling (verkoopbaar) toegepast onderzoek wordt verricht.

van concrete produkten is in een concurrentieverhouding geplaatst; hij moet ook op het gebied van kennis met zijn mededingers concurreren en is daardoor niet zo snel geneigd zijn visie te openbaren. Aan de samenwerking van een bedrijf met een 'stand alone' onderzoekinstelling gaat dan ook steeds het opbouwen van een vertrouwensrelatie vooraf. De eigen (toekomstige) concurrentiepositie moet immers worden veiliggesteld.

De B.V. Nederland te laten functioneren als één grote, efficiënt werkende PDO, is zo bezien dan ook een onmogelijke opgave. Aan de opbouw van een nationale kennisportfolio valt namelijk geen directe resultaatverantwoordelijkheid te koppelen. Zelfs de beste adviezen van adviesorganen blijven altijd vrijblijvend omdat deze organen niet op de implementatie worden aangesproken.

Het functioneren van de B.V. Nederland kan wel worden verbeterd door de erkenning van de specialismen die de PDO's ontwikkelen op het gebied van (vooral strategische) marktverkenning en verantwoorde portfolio-opbouw. En indien deze instellingen gedeeltelijk met overheidsgeld worden gefinancierd, is het van belang de betrokken directies aan te spreken op de kwaliteit van het functioneren op deze gebieden.

Niet ontkend mag worden dat de als PDO functionerende onderzoekinstellingen in ons land nog niet altijd optimaal functioneren. Maar evenzeer moet worden gesteld dat kritiek dienaangaande meestal ook zeer vrijblijvend is en zeer zelden met marktkennis wordt onderbouwd.

Het oogmerk van deze uitgave

Dit boekje bundelt een aantal opstellen over het functioneren van de PDO, alsmede daaraan gerelateerde onderwerpen. Het functioneren van de PDO staat centraal, maar door de behandeling van de verwante onderwerpen wordt dit functioneren vanuit verschillende invalshoeken belicht. Het oogmerk is in het bijzonder de PDO als element van de wetenschappelijke infrastructuur te profileren. De PDO is daarin nog onvoldoende herkenbaar als functionele identiteit met een specifieke taak.

Het beeld van de wetenschappelijke infrastructuur wordt overheerst door de elementen Universiteit en Bedrijfsleven. De discussie over de kennisoverdracht in de infrastructuur blijft daardoor veelal beperkt tot de wisselwerking tussen deze twee elementen. Indien de PDO's wèl in de oordeelsvorming worden betrokken, worden daarbij maatstaven aangelegd die aan het functioneren van de twee eerder genoemde elementen zijn ontleend. Hierdoor gaat een noodzakelijk te maken nuancering verloren die juist voor de efficiëntie van de kennisinfrastructuur van belang is.

De hier neergeschreven beschouwingen zijn gebaseerd op veertien jaar waarnemen van de ontwikkeling van TNO en overeenkomstige instellingen in andere landen van de Europese Gemeenschap. En op de kritiek die binnen en buiten TNO op het functioneren is geleverd tijdens het proces van 'vallen en opstaan' waarmee de omvorming van deze in de jaren '70 sterk in zichzelf gekeerde tot een marktgerichte organisatie gepaard ging.

Aanleiding tot de uitgave van dit boekje is de in hoofdstuk II weergegeven en op 2 februari 1994 door de auteur uitgesproken rede bij zijn afscheid van TNO. Hierin wordt op enigszins lichtvoetige wijze, aan de hand van een allegorische voorstelling van de PDO, diens profilering behandeld. In de daaropvolgende hoofdstukken wordt aan de hand van de motto's 'Money for Value' en 'Value for Money' de werking van de PDO nader uiteengezet. Deze hoofdstukken zijn gebaseerd op het lesmateriaal dat de laatste zeven jaar is gebruikt in de TNO Research-Management cursussen⁽⁵⁾.

Hoofdstuk VI is een bewerking van een TNO-notitie die in oktober 1993 aan de staatssecretaris van Volksgezondheid is gezonden naar aanleiding van diens verzoek om een bijdrage te leveren aan de discussie over de verbetering van de wetenschappelijke infrastructuur in ons land. Hierin wordt andermaal, maar dan niet op speelse wijze, ingegaan op de profilering van de PDO.

Hoofdstuk VII bevat een theoretisch-economische beschouwing over het functioneren van de PDO gepresenteerd, wederom aan de hand van een allegorisch model, namelijk dat van de stof- en energiestromen en -balansen in een chemische fabriek. Men neme deze beschouwing voor wat zij is: een model. Het is een poging iets te kwantificeren wat moeilijk te kwantificeren is, namelijk kennisstromen, met het oogmerk

de werking van het kennisbedrijf beter te begrijpen. Men kan het wederom zien als een speelse benadering. Het 'spelletje' van de ingenieur die probeert door gebruik te maken van differentiaalvergelijkingen optimale procescondities te vinden. Dit simulatiespel leidt tot de theoretische onderbouwing van de waarneming dat niet zozeer de 'afstand' van de strategische kennisvoorraad tot de markt doorslaggevend is voor het economisch succes van de PDO, als wel het meermalige gebruik dat voor een verscheidenheid van klanten van die voorraad kan worden gemaakt. Een wat verder van de markt afstaande strategische kennisvoorraad leent zich wellicht beter voor economische exploitatie dan een die daar dichterbij zit. Eenzijdige binding aan één klant, zoals van overheidswege soms wordt gepropageerd met het oogmerk de marktgerichtheid van een onderzoekinstelling te verhogen, kan voor de PDO contraproductief zijn.

Leidraad bij de behandeling van de materie is echter niet het opvoeren van de directeur van een kennisbedrijf als een aan geld- en kenniskranen draaiende bedrijfsingenieur, maar als een ondernemer die risico's neemt en deze tracht te beheersen. Bij dat laatste zijn verschillende benaderingen mogelijk en het naast elkaar gebruiken van deze benaderingen is een belangrijke vorm van risicospreiding, zoals het een risicokapitaal benuttende onderneming past. Daarbij mag niet worden afgerekend op enkele mislukkingen - die komen veelvuldig voor in het wetenschapsbedrijf - maar op het functioneren van het geheel over een wat langere termijn.

Dit brengt het zogeheten 'total quality management'-concept (TQM) in beeld, zoals dit ondermeer wordt gepropageerd door de Stichting Nederlandse Kwaliteit. Daarbij wordt met behulp van een externe 'audit' een oordeel gegeven over het functioneren van een bedrijf, gevolgd door aanbevelingen voor verbetering. In dit bestek wordt op deze methodiek niet verder ingegaan: er zijn reeds vele kwaliteitshandboeken geschreven. Gebruik van TQM is slechts genoemd als belangrijk instrument van de PDO om het vertrouwen van potentiële klanten en sponsors te winnen.

Men vergeet wel eens dat juist het scheppen van een vertrouwensbasis ook een zeer belangrijk element vormt van het Europese ondernemerschap. Vertrouwen tussen ondernemers onderling wordt geschapen doordat, natuurlijk, afspraken worden nagekomen, maar ook door

wederzijds begrip op te brengen voor ieders situatie. Ik hoop met dit boekje een bijdrage te leveren aan een beter begrip voor de positie van de PDO dan ik in het verleden, in 'the struggle for life', heb menen te kunnen bespeuren. Met de 'struggle for life' is tevens het volgende hoofdstuk, over 'De akker in de wildernis' geïntroduceerd.

Het laatste hoofdstuk (VIII), Randvoorwaarden voor Duurzame Ontwikkeling, heeft geen directe relatie tot het functioneren van de PDO. Het is om de volgende redenen niettemin aan deze bundel opstellen toegevoegd. Aan het hoofdstuk 'Een akker in de wildernis' en daarop volgende hoofdstukken over het functioneren van de PDO liggen specifieke visies op de maatschappij en de natuur ten grondslag die op zichzelf verre van nieuw zijn, maar die slechts zelden op de hier gepresenteerde wijze met elkaar in verband worden gebracht⁽⁸⁾.

Hoofdstuk VIII dient in de allereerste plaats als nadere onderbouwing van de beeldspraak die in andere hoofdstukken (in het bijzonder Hoofdstuk II) is gebruikt voor de biologische evolutie, de thermodynamica en de chaos-theorie.

Het manuscript van 'Randvoorwaarden' heeft in 1993 gecirculeerd in kringen van ondernemers, die geconfronteerd worden met de noodzaak om bij te dragen aan een duurzame ontwikkeling. Het hier uitbrengen in druk wordt gerechtvaardigd door de algemene herkenning dat fysieke randvoorwaarden, ten onrechte, bij ideologische en politieke beschouwingen worden miskend⁽⁶⁾.

Ook alle onderzoekorganisaties worden geconfronteerd met de noodzaak een duurzame ontwikkeling na te streven. In de beschouwingen over het rendabel maken van de PDO, waarin het commercieel belang de boventoon voert, mag de maatschappelijke functie van een dergelijke organisatie niet onder het vloerkleed worden geveegd. In mijn laatste TNO-jaren heb ik veel aandacht besteed aan pogingen onderzoek op het gebied van duurzame ontwikkeling zakelijk aan te pakken. Hoofdstuk VIII is in dit opzicht een soort testament. In de landbouwkring, waarin ik nu een functie ga vervullen, staat duurzame ontwikkeling ook hoog in het vaandel. Hoofdstuk VIII is in dit opzicht dan ook tevens de formulering van een uitgangsvisie⁽⁷⁾.

II. Een akker in de wildernis

Een allegorische voorstelling van de positie van de professionele onderzoekorganisatie in de wetenschappelijke wereld.

Hoewel de Darwinistische evolutietheorie bij sommige primitieve volkeren, bijvoorbeeld in de binnenlanden van de Verenigde Staten van Amerika, nog steeds wordt bestreden - daar wordt soms het zogeheten creationisme onderwezen - zijn de daaraan gekoppelde principes, variatie gevolgd door selectie, vooralsnog even ontkoombaar gebleken als bijvoorbeeld de hoofdwetten van de thermodynamica.

Onderzoek aan processen die zich ver van het evenwicht in open thermodynamische systemen afspelen, heeft een verband naar de regels van Darwin gelegd en meer recentelijk naar de moderne chaostheorie, waarmee wordt verklaard hoe uit chaotische systemen (met hoge entropie), spontaan geordende (met lage entropie) kunnen ontstaan. En deze systemen met lage entropie-inhoud kunnen voortbestaan dankzij een voortdurende energietoevoer, waarbij zij zich ver van het thermodynamisch evenwicht bevinden. (Voor meer details zie hoofdstuk VIII)

In de vrije, ongeordende natuur - de wildernis - is het een komen en gaan van soorten, op lange termijn door evolutie, op korte termijn door de strijd op leven en dood tussen de soorten en tussen de individuen binnen een soort.

Toen er nog niet zo vreselijk veel mensen op aarde waren, gedroeg de mens zich als een natuurlijke 'predator'. Hij zocht door jacht, vruchtenplukken en knollenzoeken uit het natuurlijk aanbod zijn voedsel. Later begon hij geordende akkers en kralen aan te leggen om de opbrengsten te verhogen.

De akkers, met hun efficiënte produktie van een enkel gewas, konden slechts in stand worden gehouden door de voortdurende aandacht van de mens. Aan de krachten van de vrije natuur overgelaten, zouden zij snel overwoekerd worden. In termen van eerder genoemde natuurwetten: het geordende systeem op de akker kan in stand worden gehouden door een voortdurende 'energie'-toevoer van de bewust opererende mens.

In de allegorische voorstelling die ik van de kennisinfrastructuur wil schetsen, noem ik de universiteiten de wildernis, TNO en andere buiten-universitaire instellingen zoals de GTI's (grote technologische instituten) de akkers.

Aldus voel ik mij, na veertien jaar Raad van Bestuur TNO, als de 'boer die voortploegde', na gedurende zeven jaar daarvóór in de academische wildernis te hebben vertoefd. En in de dááaraan voorafgaande vijftien jaren bij TNO in een omgeving die daar zo'n beetje tussenin zat: een tuin. Een speeltuin zullen sommigen wellicht zeggen die het oude Medisch Biologisch Laboratorium in de jaren zestig hebben gekend. De mooiste jaren van ons leven, zullen ongetwijfeld alle collega's uit die tijd beamen. Het leven in de wildernis in de jaren zeventig was ook beslist niet slecht, zullen alle medewerkers die betrokken waren bij de voorbereidingen voor de viering van het vierde eeuwfeest van de Leidse universiteit in 1975 zich herinneren .

En thans is het mijn voornemen om nog een paar jaar in die wildernis te verblijven. 'Terug naar de natuur' zou men kunnen zeggen.

Waarom de keuze voor deze allegorische voorstelling van de academie als wildernis en een organisatie als TNO als gecultiveerde akker?

Dat is om een aantal karakteristieke verschillen tussen beide instellingen duidelijk te maken, verschillen die de moeite waard zijn om in stand te houden. Dat geldt te meer nu we het onderscheid tussen fundamenteel, strategisch en toegepast onderzoek zien vervagen, waardoor ook missieervaging tussen instellingen optreedt.

Als ik in dit verband de universiteit als wildernis afschilder, denk ik daarbij nu eens niet in de eerste plaats aan de bestuurlijke wanorde die is ontstaan en die aanleiding is tot jaarlijks terugkerende jammerklachten bij de opening van het academisch jaar. Ook niet aan collega's die elkaar op leven en dood bestrijden. Beschreven in romans als 'De koekoek in de klok' en 'Onder professoren' en in de wekelijkse column van Fridus Valkema in het Chemisch Weekblad. Maar ik denk wel aan nieuwe ideeën die in het academisch klimaat spontaan opbloeien en waarvan alleen de sterkste onder de druk van natuurlijke selectie (de kritiek) overleven. Aan de soortenrijkdom aan ideeën die daar het gevolg van is. Aan het voortschrijden van de wetenschap, de wetenschappelijke evolutie tot de hoogste vormen van kennis die daar uit voortkomen.

'De wetenschap is niet te sturen' is de veel gehoorde kreet van de naar maximale vrijheid van onderzoek strevende fundamentele onderzoeker. Ook de biologische evolutie naar hogere levensvormen is ongestuurd en wordt in hoge mate bepaald door het toeval.

Nu zult u misschien opmerken dat de hedendaagse 'genetic engineer' nu juist wel probeert de biologische evolutie te sturen. Dat is waar, maar hij blijft in het laboratorium toch in hoge mate aangewezen op dezelfde principes van variatie en selectie die in de vrije natuur werkzaam zijn om de door hem gewenste combinaties van erfelijke eigenschappen te pakken te krijgen. De 'genetic engineer' doet eigenlijk niet meer dan het evolutieproces versnellen door het toeval een handje te helpen en specifieke selectiekrachten aan het werk te zetten.

(Gelijk het bekende duiveltje van Maxwell in de fysica, dat een kraan tussen een vat koud en een vat warm gas bedient en deze heel even opendraait als een van de weinige snelle moleculen in het koude vat richting warm vat loopt, waardoor ogenschijnlijk in strijd met de tweede hoofdwet, het temperatuursverschil stijgt in plaats van daalt.) (Zie hoofdstuk VIII)

Evolutie is een onvermijdelijk proces⁽⁸⁾; de snelheid waarmee dit zich afspeelt, is echter afhankelijk van de aanwezige variatie en selectiekrachten. Zonder variatie is er geen spontane evolutie. Zonder selectie misschien onder bijzondere condities nog wel, maar zeker is eveneens dat omgekeerd, onder al te zware selectiedruk, het proces ook niet verloopt; dat er dan meer soorten uitsterven dan dat er nieuwe ontstaan. Dat is de reden waarom we ons ernstig ongerust moeten maken over de omvang die de menselijke populatie heeft aangenomen, een ontwikkeling waardoor zodanige selectiekrachten worden opgewekt, dat veel soorten met uitsterven worden bedreigd.

En het is de reden waarom wij moeten pleiten voor het laten bestaan van een zo groot mogelijke variatie.

De universitaire geleerde is op grond van de titel van mijn verhaal wellicht met enige argwaan naar deze bijeenkomst gekomen. Hopelijk is thans duidelijk wat ik bedoel met mijn allegorische voorstelling van de universiteit als een wildernis. Het is een pleidooi om in de universitaire wereld een zo groot mogelijke variatie van nieuwe ideeën voldoende ruimte te geven en niet te proberen het wetenschappelijk evolutieproces al te zwaar aan te sturen. Een bescheiden selectiekracht, aan te duiden

als kwaliteitsbesef, is voldoende. Deze is nodig om de topprestaties naar voren te doen komen.

Maar er dient zich een andere selectiekracht, of laat ik liever zeggen limiterende factor aan: geld. De voedingsbodem waarop het wetenschappelijk onderzoek bloeit, is niet onuitputtelijk. Daarom is er een behoefte gegroeid aan 'beleid', het zogenaamde wetenschapsbeleid, waarmee wordt beoogd de beschikbare (financiële) middelen zo goed mogelijk te besteden. Er moet selectief worden geïnvesteerd om de honger van de maatschappij naar nieuwe, vooral toepasbare technologieën te stillen. Want de wildernis bracht, aan zich zelf overgelaten, kennelijk onvoldoende op.

Dit brengt de akker in het beeld. En daarmee de monocultures van geselecteerde gebieden voor wetenschapsbeoefening. Akkers waarop met de grootst mogelijke doelmatigheid wordt gepoogd de hoogst mogelijke produktie te halen.

De werktuigen van de wetenschapsboer die deze akkers bewerkt, zijn: zorgvuldige planning en afgewogen inzet van beschikbare personele en financiële middelen. Kortom: management en wel 'hands-on-management'; handen aan de ploeg. Onkruiden, op de akker verdwaalde ideeën uit de vrije natuur, die wel aardig zijn, maar niet aan de exploitatie bijdragen, worden gewied.

Wanneer we nu eens nader bezien wat zich de laatste decennia in de echte landbouw in ons land heeft afgespeeld, dan zien we dat we vrijwel alle beschikbare grond hebben gecultiveerd. Er is weinig vrije natuur meer over, zeker geen wildernis, hoogstens wat parken en een enkel natuur-monument.

En bezien we dan weer ons onderzoeklandschap, dan rijst de vraag of we met een stringent, nationaal onderzoekbeleid, dat de universitaire wildernis ook niet meer ongemoeid wil laten, niet een zelfde kant op gaan. Hoe schadelijk of schandelijk is het wanneer we nog maar kleine delen van de academie als natuurmonumenten in stand houden?

Ik ben nu op een punt gekomen in mijn betoog waarop ik zelf schrik van het door mij opgeroepen beeld. Ik kan namelijk argumenten bedenken (die de geitenharen-wollen-sokken-biologen welliswaar schandelijk vinden) om te betogen dat het helemaal niet zo schadelijk is

dat wij tot vrijwel het uiterste puntje van ons land de grond in cultuur hebben gebracht, als maar elders in de wereld een tropisch regenwoud in stand wordt gehouden.

Is het in ons onderzoeklandschap dan ook niet mogelijk dat we de wilde kennisevolutie overlaten aan andere delen van de wereld en hier alleen nog maar hoge-produktie kennis-akkers exploiteren?

Het gaat deze kant inderdaad op. In de universiteiten worden misschien nog geen akkers aangelegd, maar toch wel 'on'natuurlijke parken en tuinen waar niet ieder bloempje meer bloeien mag. Daartoe reken ik dan de zogeheten onderzoekscholen.

Hoe 'on'natuurlijk die zijn, blijkt wel uit de moeite die het kostte om ze opgericht te krijgen.

De vraag is nog of ze ook werkelijk standhouden, of er genoeg tuinmannen zijn met voldoende managementcapaciteiten om de wildernis buiten de afrastering te houden.

Als argument om de universitaire wildernis ook in ons land in stand te houden wordt wel gezegd dat het nuttig is dat de fundamentele kennis dicht bij huis blijft evolueren, om zodoende de toepasbare produkten snel naar de akker te kunnen brengen. Ik denk niet dat dit, kwantitatief en uit het oogpunt van na te streven doelmatigheid, een erg goed argument is. Ten eerste produceren wij in het hazard-spel dat de kennisevolutie is, in ons land slechts een fractie van het wereldtotaal. Het lijkt mij lichtelijk naïef om te veronderstellen dat juist de in ons land ontwikkelde kennis past op de lokale vraag naar toepassingen. Bovendien is door de intensiteit en de omvang van de moderne communicatiemiddelen de wereld klein geworden en kennisuitwisseling over grote afstanden gemakkelijk gemaakt.

Een veel beter argument is dat niet zozeer het belangrijkste produkt van de universiteit de kennis zelf is, maar de goed opgeleide jonge onderzoeker. Van de universiteit wordt in de eerste plaats verwacht, dat er talent wordt gekweekt.

Daarmee is mijn allegorische voorstelling waarin ik van de universiteit spreek als wildernis, door ook bij deze instelling over 'kweken' te spreken, eigenlijk van de baan.

Maar niet helemaal, want voor het kweken van goede onderzoekers zijn ook intellectuele variatie en selectie van wezenlijk belang. En aan het laatste heeft het de laatste decennia misschien wat ontbroken. Het

onderwijs aan de universiteit dient zich van andere opleidingen te blijven onderscheiden door meer dan alleen maar training te zijn.

Om in het doelmatigheidsplaatje van het nationale wetenschapsbeleid te passen moet een behoorlijk deel van de jonge wetenschappelijke onderzoekers wel bereid zijn om na de studie op de akker te gaan werken en de vaardigheid te verwerven om de daarbij benodigde instrumenten te hanteren.

Uit dien hoofde is het nuttig dat deze instrumenten ook in de academische wereld bekend gaan worden.

Vervaaft daardoor dan niet het onderscheid tussen universitaire en niet-universitaire onderzoekinstellingen? Heeft de niet-universitaire instelling nog wel bestaansrecht?

Alvorens hier op in te gaan moet ik ook de allegorische voorstelling van de op toepassing gerichte onderzoekinstelling als akker wat nuanceren, zoals wij ook van de universiteit een tuin -zij het dan een speeltuin - in plaats van een wildernis hebben gemaakt.

Een niet-universitaire onderzoekinstelling, bijvoorbeeld het R&D-instituut van een groot bedrijf, dient vooral de continuïteit van dat bedrijf. Er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een reeks technologieën die over een tijdvak gespreid produkten zullen moeten opleveren waar een markt voor is. Het is dus niet alleen een akker waarop een monocultuur wordt verbouwd. Het is een (boeren)bedrijf met een eigen proeftuin die in bepaalde vakken is verdeeld, waarop specifieke produkten (technologieën) worden uitgetest. Dezelfde pretentie hebben de niet-universitaire niet-bedrijfsgebonden onderzoekinstellingen met dit verschil ten opzichte van het bedrijfslaboratorium dat er een veelheid aan klanten wordt bediend.

Ik kom in dit verband terug op een eerder gemaakte opmerking, namelijk die van de fundamentele onderzoeker die stelt dat wetenschapsbeoefening niet te sturen is. De op toepassing gerichte onderzoeker pretendeert het tegenovergestelde. De eerste heeft in hoge mate gelijk omdat juist de discontinuïteit in het wetenschappelijk denken tot echte doorbraken blijkt te leiden. (Ik roep in herinnering Kuhn⁽⁹⁾, met zijn ideeën over 'scientific revolutions').

Ik heb nog een andere invalshoek nodig om het naast elkaar bestaan van akker en wildernis te rechtvaardigen en dat is de economische.

Daarmee treed ik in het spoor van de beleidsmakers.

Het besteden van geld aan wetenschappelijk onderzoek waarvan nut wordt verwacht, is een investering.

Omdat de uitkomsten van wetenschappelijk onderzoek niet voorspelbaar zijn, is investeren daarin, met commercieel oogmerk, extreem risicodragend.

Met enig inzicht in de toekomstige markt voor produkten en processen probeert de op toepassing gerichte onderzoeker dit probleem aan te pakken. Hij doet dit, volgens goed ondernemersgebruik, door het nastreven van risicospreiding. De op continue dienstverlening gerichte onderzoekorganisatie (bedrijfs- en niet bedrijfsgebonden) probeert een technologieportfolio op te bouwen (gelijk de belegger) die inspeelt op het markt-hazard-spel. Voortdurend wordt afgewogen of wetenschappelijke vooruitzichten en marktontwikkelingen wel tot het gewenste economisch rendement zullen leiden.

Natuurlijk doet ook de universitaire onderzoeker aan risicospreiding, volgt hij meerdere lijnen van onderzoek en geeft hij preferentieel aandacht aan de lijnen die het meeste perspectief op resultaat leveren. Maar daarnaast wordt van hem verwacht dat hij zich ook vastbijt in een moeilijk probleem, niet opgeeft bij tegenwind.

Op het eerste gezicht lijkt het wellicht dat met deze betoogtrant het onderscheid tussen akker en wildernis verder vervaagt. Maar een zeker onderscheid is toch persisterend. Dat kan als volgt, kort, worden geformuleerd. Van de werkers in een sector van de wilde natuur wordt gevraagd de continuïteit in een bepaald onderzoekgebied te waarborgen; de kennisevolutie moet - weliswaar onvoorspelbaar in welke richting - blijven voortschrijden. Van de werkers in de proeftuin wordt verwacht dat ze de continuïteit van de dienstverlening waarborgen.

De akker met zijn proeftuin zijn wij bij TNO in het afgelopen jaar gaan aanduiden met de term 'professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie' (PDO). De geleerden in de universitaire wereld deden daar soms wat kribbig over, omdat het de suggestie wekt dat de professora-bele wetenschapsbeoefening daarmee in één adem wordt beschouwd als niet-professioneel uitgevoerd.

Die kribbigheid is niet geheel onterecht, want de suggestie bevat inderdaad dit element. Wij, bij TNO, maar ook zij die werkzaam zijn bij andere niet-universitaire instellingen, zijn ook een beetje kribbig geworden, en wel over het feit dat velen met erg groot gemak zijn gaan (mee)praten over ondernemen in de wetenschap, marktgericht werken,

kennisoverdacht naar het bedrijfsleven, concurreren met kennis, rendementsdoelstellingen bij onderzoek, zonder daar ooit (zoals dat in de volksmond heet) 'voor te hebben geleerd'.

Nu is het wel zo dat voor het leren van een bepaald vak aanleg nodig is. Ik wil graag toegeven, bijvoorbeeld, dat ik nooit iets heb begrepen van de 'politiek'. En dat ondanks alle inspanningen die mijn (VVD-)vrienden in het Binnenhof zich de laatste vijf jaren hebben getroost mij over dat vak toch wat bij te brengen. Nu is 'politiek' een vak waarin iedereen over alles meepraat, dus onkunde valt niet zo snel op, althans bij een leek. Maar ook beroepspolitici hebben in principe wel degelijk een kwaliteitsstandaard; het is dan ook logisch dat enkele grote politieke partijen voor de Tweede-Kamer-lijsten voor de komende verkiezingen, strengere selectie-eisen zijn gaan stellen dan voorheen gebruikelijk was. In de top van de wetenschappelijke wereld worden ook hoge kwaliteitseisen gesteld. Het grootste verwijt dat geleerden elkaar onderling kunnen maken, luidt: je kent de literatuur niet. Maar als je in deze kringen mensen die (mee)praten over research-management, vraagt naar hun kennis van de managementliteratuur, dan lijkt vak-kennis gek genoeg ineens niet zo belangrijk meer.

Nu zijn er heel wat beroepen die men goed in de praktijk kan leren, waarbij al te veel studeerkamer-kennis zelfs een belemmering kan zijn voor een goede beroepsuitoefening. Hoewel Frank Mathijssen Gerst en ik daar in mijn RvB-TNO-tijd nooit zo expliciet over hebben gediscussieerd, denk ik op goede gronden te kunnen veronderstellen dat Frank de mening is toegedaan dat manager een beroep is waar dit in het bijzonder voor geldt. Behalve de naam van Demming (de Amerikaanse kwaliteits-goeroe) en wellicht Parkinson heb ik hem eigenlijk nooit een andere auteur op het gebied van organisatie en management horen aanhalen. (Taylor, Sloan, Drucker, Vickers, Mintzberg, Weber, Woodward, Lorsch, Chandler, om er een paar te noemen⁽¹⁰⁾.) Hij doet wat schamper over mijn studeerkamer-kennis en roept mij te pas en te onpas aan als de 'professor', waarop ik hem dan de Delftse fietsenmaker noem (zoals de Delftse chemici in mijn studententijd de werktuigbouwers plachten aan te duiden). Maar ons wederzijds respect werd daarmee geen schade aangedaan, omdat we van elkaar bleven veronderstellen dat we 'wisten waarover we praatten', zij het vanuit wat verschillende invalshoeken. De één wat meer uit de praktijk, de ander

wat meer vanuit de beschouwende theorie. Het zorgelijke nu is dat veel meepraters over research-management en -organisatie noch over praktijkervaring beschikken, noch over theoretische kennis. Ik vraag me af hoeveel auteurs van nota's die gaan over technologiebeleid in relatie tot een marktbehoefte, over enige kennis beschikken hoe die specifieke markt werkt. Hoe kan je, zei laatst een industrieel research-directeur tegen mij, nu in één adem spreken van concurreren met kennis en kennisoverdracht⁽¹⁾, als het evident is dat je in de concurrentiestrijd per definitie niet aan kennisoverdracht doet.

Weet TNO het allemaal zo goed? Nee, dat kan ik niet zeggen, maar de laatste jaren is er wel systematisch aan gewerkt om er achter te komen hoe de markt voor onderzoek in elkaar zit en werkt. En er is geprobeerd de generatie van kennis daarop af te stemmen. Kennis-portfolio-management heet dat in het moderne vakjargon. Het is een nieuw management-specialisme, waarvan het merendeel van de wetenschapsbeleids-makers nog niet heeft gehoord en onderzoekers wellicht ook niet willen horen^(11,12), omdat hun vrijheid van onderzoek erdoor wordt aangetast.

Zoals uit mijn betoog moge blijken, vind ik het laatste niet verwerpe-lijk, mits het zich in de wildernis afspeelt. Op de akker is het niet (meer) te tolereren.

Tevens hoop ik te hebben duidelijk gemaakt dat mijn appreciatie voor beide methoden van voortbrenging op de akker en in de wildernis, een dualistische is. Het ingenieurshart heeft een voorkeur voor de akker, omdat het hoogste streven van de ingenieur is om processen te beheersen. En de wetenschapper in mij wil dat juist niet. Dus maak ik graag gebruik van het aanbod van Kees Libbenga om nog een paar jaar in de buurt van zijn wildernis te verkeren. Of liever de Clusius-tuin, waar wilde gewassen zoals Rob Schilperoort en vreemde bloemen, zoals Wang Mei, worden gekoesterd. Toen wij daarover, enige tijd geleden alweer, afspraken maakten, was nog niet bekend dat mij ook een taak in de echte Landbouw, Veeteelt en Visserij was toebedacht. Dus toch deels terug naar de akker. Ik verheug mij zeer, medewerkers van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek, mij in uw kring te kunnen wijden aan het leveren van bijdragen aan een van de belangrijkste bedrijfstakken in ons land. Zeker nu de akker er niet overal even florissant bij ligt.

Als ik terugblik op veertien jaar zwoegen en ploegen op de TNO-akker, wordt van mij verwacht dat ik de samenwerking met mijn medeboeren memoreer.

De boeren in de hoofdgroep Gezondheidsonderzoek zijn wellicht teleurgesteld dat ik in deze afscheidsspeech niet ben ingegaan op hun problematiek. Het lag in hun ogen waarschijnlijk voor de hand dat ik breedvoerig zou zijn ingegaan op de WVC-problematiek ten aanzien van TNO. Ik heb dat niet gedaan, omdat die problematiek niet tot de gezondheidssector beperkt is, maar zich in de gehele kennisinfrastructuur voordoet. Stevens, Notten, Haayman, Lucas, Knook, Brakman, De Ranitz, Willems, Dijkstra, Pot, Broerse, zo'n twee à drie jaren geleden lagen jullie vaak in de clinch met de Raad van Bestuur omdat jullie niet deden wat wij wilden en wij omgekeerd ook niet deden wat jullie wilden. Maar geleidelijk is er toch een 'understanding' ontstaan, omdat wederzijds het maatschappelijk verantwoordelijkheidsgevoel bleek. In retrospect kan ik niet anders dan een groot respect uitspreken voor de inspanningen die jullie je hebben getroost om in de wildernis een akker aan te leggen.

De vier boeren die mij in de Raad van Bestuur opvolgen, Vos, Folstar, Gubbi en Belderbos. Het streelt mijn ego natuurlijk geweldig dat één lid van de Raad van Bestuur door vier personen moet worden vervangen. Het lijkt mooier dan het is, want met de herinrichting van de TNO-organisatie komen taken en verantwoordelijkheden heel anders te liggen dan voorheen. Laat ik er geen competentievergelijking van maken. Ik heb de discussie met elk van jullie altijd zeer gewaardeerd, vooral de laatste twee maanden toen het zogenaamde tweelagenmodel gestalte moest krijgen. Maar laat het niet tot een tweedimensionaal model worden: een akker die tot de einder reikt. Aandacht voor de 'proeftuinen' blijft nodig.

De TNO-akker wordt niet alleen bewerkt door toedoen van hereboeren. Het eigenlijke werk wordt uiteindelijk gedaan door boerenknechten. De akker is zo groot, dat het er teveel zijn om hen allemaal op te noemen. Ik beperk me tot degenen die recentelijk mijn denken over de wijze waarop de akker bewerkt moet worden, hebben beïnvloed. Gertjan Oldeman (Marketing en Programma), Jacqueline Cramer en Hessel Spielman (Duurzame Ontwikkeling) en Laurens Hoedemaker, die in de laatste jaren al mijn geschriften en toespraken, tot en met

deze rede, heeft bewerkt. Niet als 'ghost-writer' maar als meedenker. Zoals Kees Ekkers van TNO-Beleidsstudies. En Gerard van de Schootbrugge, die dat al jaren doet. Wim Wientjens, de precieze secretaris, die opving wat ik uit mijn handen liet vallen.

In het moderne boerenbedrijf wordt het nodige uitbesteed aan co-makers, in deze 'industrie'tak aangeduid als loonbedrijven.

Ik denk dan in de eerste plaats aan Jacques Hurkmans, van Arthur D. Little. Een soort Aladdin met de wonderlamp, die de geest uit de fles liet ontsnappen. Het is dus geen wonder dat sommigen aanvankelijk een beetje bang voor hem waren.

Als ik wat verder terug ga in mijn herinneringen aan co-makers van TNO, dan stuit ik op namen van ambtenaren als Van Spiegel (oud-DG Wetenschapsbeleid) en Floor Haak (van WVC). We hebben het nodige afgeruzied, maar elkaar toch ook steeds weer gevonden op de gemeenschappelijke grondslag, namelijk het dienen van het algemeen maatschappelijk belang. Waar vind je dat heden ten dage nog in het ambtelijk apparaat? Bij Dory van Welsen ongetwijfeld. Wat te denken van de ambtenaar die laatst een gesprek opende met de opmerking: 'U moet niet alsmaar de wet aanhalen en over kwaliteit spreken in Uw stukken.' En ik nog steeds maar denken dat wet- en kwaliteitshandhaving hoofd-taken van de overheid zijn.

Dat is zo ongeveer het laatste misverstand dat ik bij deze gelegenheid uit de weg wilde ruimen. Het zal duidelijk zijn dat men heden ten dage over een behoorlijke dosis gevoel voor humor moet beschikken om met al dit soort misverstanden te kunnen leven en overleven. Maar ik vrees dat ik vanmiddag niet aan de wens van mijn echtgenote heb voldaan mijn verhaal een beetje geestig te houden.

Laat ik nog één poging wagen, met een grapje van mijn oude vader, destijds een kleine ondernemer in Rotterdam, ter lering van al die lieden die mee willen praten over markt voor onderzoek en concurreren met kennis.

Sam en Moos hebben beiden in de zelfde straat, tegenover elkaar, een zuivelwinkel en zij vechten om de klandizie in een prijzenslag met de boter. Om de beurt halen ze dagelijks een stuiver van de verkoopprijs af, tot dat Sam daarmee zelfs een dubbeltje onder de inkoopsprijs zit. De winkel van Sam loopt als een trein, maar Moos weet dat Sam grote

verliezen moet lijden. Toch gaat hij maar door. Op een gegeven moment kan Moos zich niet meer beheersen en stapt naar Sam toe en vraagt:

'Hoe doe je dat toch? Je verkoopt duizend pakjes boter per dag, maar je verliest een dubbeltje per stuk.'

'Ach', zegt Sam, 'dat is heel eenvoudig. Het is de omzet die het hem moet doen.'

Ik dank u voor Uw aandacht en uw komst naar de Pieterskerk, die wij vandaag op dezelfde manier als Sam rendabel proberen te maken en waarbij TNO de drankjes en hapjes zelfs geheel gratis ter beschikking stelt. De winkel is tot circa acht uur geopend.

III. Contractresearch en markt voor onderzoek in Europa

Het buitenklimaat van de professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie.

In het voorgaande is reeds gesteld dat de strategie van de professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie (PDO) wordt bepaald door marktverwachtingen. Het ligt dus voor de hand een nadere beschouwing van de economie van de PDO vooraf te doen gaan door een beschouwing over die markt voor contract-research.

Het merendeel van de PDO's in Europa duidt zichzelf aan, gezien de structuur van deze markt, als *Contract Research Organisatie* (CRO). Er zijn er ruim veertig van, verenigd in de European Association of Contract Research Organizations (EACRO), waarvan Fraunhofer in Duitsland en TNO in Nederland met respectievelijk ongeveer 6.000 en 4.500 medewerkers de grootste zijn. De associatie is mede opgericht om het fenomeen CRO beter zichtbaar te maken dan in het verleden het geval was.

Een belangrijk aspect van de associatie is ook dat daarbinnen, in bilateraal overleg of in symposia, ervaringen over research- en personeelsmanagement en marktwerking worden uitgewisseld. De hier weer te geven opvattingen over het functioneren van de PDO zijn mede op grond van deze discussies ontstaan.

De onderscheidene CRO's zijn zeer verschillend. Een enkele heeft zich ontwikkeld tot een beursgenoteerde onderneming. Andere zijn nog steeds sterk overheidsgeoriënteerd, met name in Duitsland en Frankrijk, landen waar technologieontwikkeling in hoge mate als onderwerp van staatszorg wordt beschouwd. De gemeenschappelijke noemer van de CRO's verenigd in EACRO is echter dat zij alle een maatschappelijk verantwoordelijkheidsgevoel voor de nationale (en ook steeds meer voor de Europese) technologie-ontwikkeling aan de dag leggen. Doch wel op contractbasis, concrete afspraken dus, met bedrijven, publieke instellingen of overheidsinstanties. Door te spreken van PDO in plaats van CRO is deze brede maatschappelijke oriëntatie aangegeven.

Door genoemd maatschappelijk verantwoordelijkheidsgevoel onderscheiden de PDO's zich bijvoorbeeld van ingenieursbureaus. Daarmee wil ik beslist niet suggereren dat laatstgenoemde zo'n gevoel niet aan de dag zouden leggen. Het is een kwestie van accentverschillen. Het ingenieursbureau is in de eerste plaats een onderneming met winstoogmerk. Daarnaast is zo'n bureau, net als de PDO, sterk gericht op dienstverlening. Bij het merendeel van de CRO's is zelf winst maken niet de eerste prioriteit. Een 'return on investment' wordt niettemin nagestreefd om de continuïteit te waarborgen. Het genoemde verantwoordelijkheidsgevoel van de CRO's moet worden gezien als een 'geloof' in het economisch nut voor de samenleving van technologie-ontwikkeling als zodanig, ook als er nog geen bestaande markt voor de, op grond daarvan te ontwikkelen, produkten en processen is, maar nadrukkelijk wel met de verwachting dat die markt zich in de toekomst, dankzij nieuwe technologische ontwikkeling, zal vormen. Gebruikmakend van het klassieke jargon zou men kunnen zeggen dat het ingenieursbureau vrijwel volledig op 'market pull' is georiënteerd en de PDO op een mengsel van 'technology push' en 'market pull', en wat het laatste betreft vooral op 'future market pull'. In dit opzicht is de positie die de PDO kiest, volledig gelijk aan die van de R&D-instelling van een groot bedrijf, van de multinationals, met het verschil dat die van het grote bedrijf zich exclusief richt op het belang van dat bedrijf. De PDO richt zich op een veelvoud van klanten en daarmee op een breder maatschappelijk belang.

Het is geen gemakkelijke positie die de PDO krijgt aangewezen, om bijdragen te leveren aan de technologie-ontwikkeling ten behoeve van een veelvoud van klanten, van middelgrote en kleine bedrijven, die zowel de financiële middelen als strategische kennis missen om weloverwogen zelf in die ontwikkelingen te investeren.

Dat is om twee redenen niet gemakkelijk.

De eerste is dat gewerkt wordt met het oog op *toekomstige* markten, waarvan het ontstaan verre van zeker is. Op het eerste gezicht lijkt het wellicht dat daarmee het hele concept van de gewenste marktorientatie van de PDO overboord gaat, doch dat is niet juist. Het betekent dat in de PDO de aandacht sterk wordt gericht op zogenaamde *strategische* marketing, naast de aandacht die steeds nodig is voor zondermeer *verkoop* van acuut gevraagde kennis, produkten en diensten (sales).

Het betekent dat de succesvolle marketeer inzicht moet ontwikkelen in de toekomstige positie die een bedrijf kan innemen en op grond daarvan dit 'inzicht' aan-de-man brengt. Op deze wijze overtuigt hij de klant van de noodzaak om in onderzoek te investeren.

Van de PDO-marketeer wordt feitelijk verwacht dat hij beter dan een middelgroot of klein bedrijf weet wat in de toekomst aan technologische ontwikkeling nodig zal zijn in een bepaalde branche of bedrijfskolorom. Dat plaatst hem echter in een precare positie: hij kan gemakkelijk worden beticht van 'beter weten' en eigenwijsheid. We stuiten hiermee op de tweede belangrijke reden waarom de positie van de PDO geen comfortabele is. De middelgrote of kleine onderneming met weinig of geen eigen onderzoekcapaciteit is maar zelden bereid om te investeren in strategisch onderzoek. Aldus kan men dit type bedrijven het verwijt maken onvoldoende toekomstgericht te zijn. Maar dat verwijt is vanuit hun gezichtspunt als 'ondernemer' niet gerechtvaardigd. In hoofdstuk I is reeds uiteengezet dat een ondernemer geacht wordt risico's te nemen, maar wel gecalculeerde risico's; hij is geen gokker. Strategisch onderzoek is dermate risicodragend dat de middelgrote en kleine onderneming de benodigde investering daarin moeilijk kunnen overzien en deze dus niet kunnen verantwoorden; omdat de risico's onvoldoende kunnen worden ingeschat.

Dat risico wordt de PDO geacht te nemen. Een uiterst risicovolle onderneming dus. Maar de CRO-PDO is op zich ook een kleine of middelgrote onderneming. Hoe kan die dat risico dan dragen? Ik durf stellen dat menige CRO-PDO inderdaad een economisch mirakel is en wel op grond van de volgende waarnemingen.

Het is in veel landen gebruikelijk dat het ondernemersrisico dat met strategisch onderzoek is verbonden, door de overheid wordt overgenomen door dit onderzoek van staatswege te financieren. Enerzijds wordt dit gerechtvaardigd vanuit nationale prestige-overwegingen. Maar anderzijds redeneert men ook vanuit de economische invalshoek dat de overheidsinvestering in strategisch onderzoek op termijn via de vennootschapsbelasting terugvloeit naar de staatskas, vanwege de winsten die de bedrijven uiteindelijk maken dankzij de technologische ontwikkelingen waarvan zij gebruik hebben gemaakt.

Hoeveel overheidsfinanciering is dan nodig? Aangezien één tot tien

procent, hoogstens twintig procent van de resultaten van strategisch onderzoek ooit van betekenis voor een op de markt gebracht produkt blijkt te zijn, kan de benodigde overheidsbijdrage op (tenminste) tachtig procent worden gesteld, althans onder de in het voorgaande geschetste condities.

En inderdaad blijken de sterk aan het overheidsbeleid gebonden PDO's ongeveer tachtig procent overheidssubsidie te genieten. In ons land is de DLO (Dienst Landbouwkundig Onderzoek) daar een sprekend voorbeeld van. Dat is een zeer succesvolle onderzoekorganisatie die in niet geringe mate heeft bijgedragen aan de topositie die Nederland in de landbouw inneemt. De landbouwinstituten in Frankrijk bevinden zich in een overeenkomstige positie. Maar ook als we Fraunhofer (een meer op de industriële technologie ingestelde onderzoekorganisatie) nader financieel doorlichten, blijkt dat in wezen in de zelfde orde van grootte de financiering afkomstig is van 'Bund' en 'Länder', hoewel de officieel gepubliceerde cijfers een andere indruk geven⁽¹²⁾.

Maar nu terug naar het 'mirakel' van de PDO die het met aanzienlijk minder gegarandeerde overheidsbijdrage doet, in de orde van grootte van dertig procent (in welke klasse in Nederland ook TNO valt). Hoe presteert men dit zonder zich in de klasse van de ingenieursbureaus te plaatsen? In de volgende hoofdstukken wordt dit verder toegelicht en uitgewerkt.

Hier wordt eerst nog verder ingegaan op het buitenklimaat waarin de PDO zich beweegt, dit met het oog op de onderscheidene eisen die daaruit voortvloeien voor het management in relatie tot de marktwerking en strategische verkenning.

In hoofdstuk I is reeds aangestipt dat, wil de PDO overeind blijven, deze 'Value for Money' moet leveren. De kwaliteitseis en toepasbaarheid van resultaten zijn prerogatieven. Maar evenzeer is het voor de 'stand alone' onderzoekorganisatie van belang dat hij 'Money for Value' krijgt⁽⁵⁾. In het merendeel van zowel de sterk overheidsgebonden onderzoekinstellingen als de particuliere laboratoria van de grote bedrijven, hield research-management tot voor kort vooral in: 'how to spend the money' op de meest efficiënte manier. Zij wisten zich beide verzekerd van tenminste een voor een begrotingsjaar gegarandeerd budget. Na akkordering van dat budget konden de onderzoekers zich 'rustig' een jaar lang aan hun onderzoek wijden. De situatie in de PDO

is wezenlijk anders; hierin speelt niet alleen de vraag 'how to spend the money', maar is ook (bij wijze van spreken) een dagtaak 'how to earn the money'.

Maar ook bij overheidsgebonden instellingen, zoals universiteiten, en in de laboratoria van het bedrijfsleven laboratoria is de situatie de laatste jaren wezenlijk veranderd. Het klassieke financieringssysteem wordt aangeduid als capaciteits- of 'input'-financiering. Een onderzoekcapaciteit werd gegarandeerd en daarmee probeerde men er het beste van te maken. Steeds meer in zwang echter kwam de zogeheten 'output'-financiering, waarbij het beschikbaar stellen van middelen werd gekoppeld aan onderdelen van de capaciteit. Dit gebeurde met het oogmerk van de leiding om meer greep te krijgen op de resultaten die worden nagestreefd. Bij 'output'-financiering wordt ook als het ware een 'contract' gesloten tussen de leiding (de opdrachtgever) en de onderzoekers.

In veel bedrijfs-concern-laboratoria gaat de directie de rol van opdrachtgever ook steeds meer delen met anderen in het concern. De onderzoekers worden niet langer 'met rust' gelaten; meer en meer moeten ook zij hun geld (zelf) verdienen, door opdrachten te verwerven van bijvoorbeeld dochtermaatschappijen. Het concern schept als het ware een interne markt en zet daarmee de onderzoekmedewerkers aan tot 'intrapreneuren', het zogenoemde interne ondernemen.

Deze verandering in attitude van de grote concerns opent voor de 'stand alone' PDO nieuwe marktsegmenten bij deze concerns, die in het verleden hun onderzoekstrategie sterk centraal ontwikkelden en het onderzoek vrijwel exclusief in eigen huis verrichtten. Dat geldt ook voor de 'verzelfstandiging' die dochterondernemingen ondergaan, waardoor de PDO kan gaan concurreren met de intrapreneurende onderzoekers van de eigen concern-R&D-instelling. Voorwaarde is wel dat de concerndirectie het toestaat dat de dochters buiten de deur gaan 'shoppen'.

Men gaat daar meer en meer toe over als blijkt dat de competentie buitenshuis hoger en goedkoper verkrijgbaar is dan binnenshuis. En niet alleen dochters, ook directies van concern-R&D-instellingen tonen een toenemende bereidheid onderzoek uit te besteden om niet (opnieuw) in bepaalde (voor hen nieuwe) gebieden te investeren als de competentie reeds elders aanwezig is.

Niettemin blijft er de nodige weerstand bij grote concerns bestaan om onderzoek uit te besteden uit vrees dat bedrijfsgeheimen aan anderen bekend worden. Dit is een belangrijke factor bij de afweging welk onderzoek binnenshuis en welk buitenshuis wordt opgedragen. Deze afweging wordt uiteraard in niet geringe mate bepaald door de geheimhouding die de PDO kan garanderen. Maar zelfs als dit volledig het geval is, dringt de PDO, om begrijpelijke redenen, slechts moeizaam door tot de zogenaamde 'core business' (en het daaraan gerelateerde onderzoek) van een concern, terwijl dat onderzoek uiteraard tot het economisch en technologisch meest interessante en veelbelovende behoort. Het lukt eigenlijk alleen indien een één-op-één-verstandhouding tussen concern en PDO wordt geschapen. Maar dat is in wezen strijdig met de filosofie van de PDO, die het oogmerk heeft een veelvoud van klanten met een hoeveelheid strategische kennis te bedienen. Zoals we later zullen zien is het ook strijdig met de economische doelstelling van de PDO om die kennis zo efficiënt mogelijk te exploiteren.

De situatie op de markt voor onderzoek is aldus aanzienlijk gecompliceerder dan in menige recente publikatie hierover^(1,2,3,4) is gesuggereerd. Want daarin blijven belangrijke elementen als concurrentie met kennis tussen bedrijven en PDO's onderling en de daarmee gepaard gaande en wenselijke vertrouwelijkheid onderbelicht.

Tevens zijn in ons land ook tussen PDO's en universiteiten opvallende concurrentieverhoudingen ontstaan, die in de discussie over de kennisinfrastructuur en de markt voor onderzoek meer aandacht verdienen dan zij gewoonlijk krijgen. Dit is het gevolg van pogingen ook het universitaire onderzoek sterker dan voorheen te richten op het nationaal belang, los van het beleid dat door de overheid ten aanzien van PDO's, in ons land aangeduid als Grote Technologische Instituten (GTI's), is en wordt gevoerd.

Onmiskenbaar hebben de universiteiten een groot kennispotentieel, waarvan bedrijven en GTI's een nuttig gebruik kunnen maken. Bij laatstgenoemden leeft ook de wens dat de universiteiten naast hun hoofdtak, dat is fundamenteel onderzoek, hun aandacht ook wat meer op strategisch onderzoek gaan richten.

De grote bedrijven weten de weg naar de universiteiten, en wel wereldwijd, goed te vinden. Voor de middelgrote en kleine bedrijven ligt dit

veel moeilijker. Voor hen is de PDO een passend intermediair. In Duitsland heeft men dit systematisch aangepakt door alle Fraunhofer-instituten nauw aan universitaire instellingen te liëren. In ons land heeft de overheid wel de samenwerking tussen universiteiten en PDO's gepropageerd, maar men heeft deze niet metterdaad tot stand gebracht. Er is gekozen voor een aanpak waarbij de overheid zelf tracht met publieke fondsen het universitaire onderzoek te beïnvloeden. Enerzijds gebeurt dit door de zogeheten eerste geldstroom (de 'lump sum' financiering) te beperken, anderzijds door via tal van intermediaire organen ('agencies'), andere dan de PDO's, projectgebonden financiering direct aan universitaire werkgroepen voor nationale prioriteitsgebieden te verschaffen (tweede geldstroom). Er is hierdoor als het ware een *kunstmatige* markt met publieke fondsen voor strategisch onderzoek op nationaal niveau geschapen, waarmee universiteiten en PDO's in een concurrentieverhouding zijn geplaatst die de samenwerking bepaald niet bevordert.

Hoe gaat de PDO hiermee om?

Als professionele bewerker van de natuurlijke markt mag deze de concurrentie uiteraard niet uit de weg gaan. Markt en concurrentie zijn steeds onverbrekelijk met elkaar verbonden. Of het instrument van de kunstmatige markt altijd de beste manier is om de publieke middelen op de meest efficiënte wijze te besteden om de internationale concurrentiepositie te verbeteren is een andere vraag, die in dit bestek vooralsnog niet hoeft te worden beantwoord. Ondernemers - wat de PDO's pretenderen te zijn - die klagen, dragen zelden bij aan de nationale economie. Er is maar één recept om in het algemeen aan concurrentie het hoofd te bieden: het beter doen dan de mededingers.

Na deze kwalitatieve beschouwing van de onderzoekmarkt is een meer kwantitatieve op zijn plaats. Deze kunnen we in slechts zeer algemene termen geven, omdat gekwantificeerde kennis van de markt in het algemeen als bedrijfsgeheim wordt beschouwd. De omvang van de kunstmatige markt kan uit de begroting van de coördinerend minister voor wetenschapsbeleid en van vakdepartementen worden afgeleid. Het gaat om enige miljarden guldens per jaar bij een totale omzet in de wetenschapsbeoefening van ongeveer veertien miljard gulden.

Wat betreft de natuurlijke markt vestigen openbare geschriften vaak de indruk dat deze 'oneindig' groot is. De beperkte omzet die onder-

scheidene onderzoekinstellingen in ons land daarop maken, wordt in het algemeen geweten aan de gebrekkige afstemming van hun strategisch onderzoek op de behoefte aan toegepast onderzoek en aan het onduidelijke technologiebeleid van de overheid. De beperkte omzet wordt zelden gerelateerd aan een mogelijk beperkte behoefte van het Nederlandse bedrijfsleven aan technologie. Het volgende gegeven duidt daar wel op. Het percentage contract-research is bij TNO het laatste decennium gestaag gestegen, in het technologisch segment tot meer dan zeventig procent van de omzet. Bezien we echter over de laatste jaren uit welke sector deze groei grotendeels afkomstig is, dan blijkt dit het 'buitenland' te zijn. 25 Procent van de totale omzet in contract-research bij TNO komt nu van buitenlandse opdrachtgevers. In 1993 is dit circa 100 Mf. Dat is evenveel als de 25 grootste bedrijven in Nederland in het buitenland aan onderzoekopdrachten uitbesteden. De kennishandelbalans is dus op zich goed in evenwicht. De over-en-weer uitbesteding van onderzoek wijst op een voortschrijdende internationalisering van de kennismarkt.

Het feit dat TNO op de buitenlandse markt goed is vertegenwoordigd, wijst op een gezonde belangstelling voor zijn kennisprodukten. Het feit dat de top-25 bedrijven in totaal relatief weinig onderzoek uitbesteden (237 Mf in binnen- en buitenland tesamen), wijst er op dat de binnenlandse markt krap is. Uitbreiding zou hoogstens gevonden kunnen worden in de 100 Mf die door de bedrijven thans in het buitenland wordt besteed (1,4 procent van de totale omzet in onderzoek in ons land).

Eerder genoemde veronderstelling dat het strategisch onderzoek van Nederlandse onderzoekinstellingen onvoldoende op de behoefte aan toegepast onderzoek zou zijn afgestemd, is dus op zijn minst voorbarig. Meer ligt de conclusie voor de hand dat Nederland, naast de multinationals, te weinig technologiegeoriënteerde bedrijven herbergt om de huidige toepasbare kennis te absorberen.

Dit is een teleurstellende conclusie voor de PDO die het aan het begin van dit hoofdstuk vermelde maatschappelijk verantwoordelijkheidsgevoel voor de nationale technologieontwikkeling aan de dag legt. Deze staat voor de keuze zich òf te ontwikkelen tot een volstrekt van overheidsfinanciering onafhankelijke PDO die de Europese uitdaging aanneemt, daarbij het nationaal/locaal belang vergetend, òf te vertrouwen op een overheidsbeleid dat verdere ontplooiing in een nationale context, ten behoeve van de regionale technologische ontwikkeling, mogelijk maakt.

Waarop zou voldoende vertrouwen in een overheidsbeleid kunnen worden gebaseerd? Niet op een tegen elkaar blijven uitspelen van onderscheidene onderzoekinstellingen door het scheppen van een kunstmatige markt voor strategisch onderzoek die de samenwerking hindert en tot onderlinge concurrentie leidt op een natuurlijke markt van beperkte omvang. Ook niet op een technologiebeleid, hoe intelligent ook, dat overwegend op 'technology push' in plaats van op 'market pull' is gebaseerd.

Maar wel op een weloverwogen *industriebeleid* waarbij een keuze wordt gemaakt voor kennisintensieve bedrijven die vervolgens vanzelf aanleiding geven tot de ontwikkeling van een natuurlijke markt voor onderzoek. Daarbij dan uiteraard uitgaande van de veronderstelling dat kennisintensieve bedrijven een grotere toegevoegde waarde leveren (en daarmee aan de economie van ons land) dan andere. Deze veronderstelling is ondermeer gebaseerd op de keuzen die op het ogenblik in de snel groeiende Zuidaziatische economieën worden gemaakt.

Bij het maken van die keuzen kunnen de GTI's behulpzaam zijn mits er een voldoende vertrouwensbasis is tussen GTI's en overheid. Technologiebeleid (de 'technology push') en industriebeleid (de marktontwikkeling) moeten hand in hand gaan.

Wat betreft het technologiebeleid hoeven we het wiel niet helemaal opnieuw uit te vinden. Nabuurlanden als Frankrijk en Duitsland, met een groter kennispotentieel dan Nederland, zijn op dit gebied zeer actief en deze beleidskennis is voor de Nederlandse GTI's zeer wel toegankelijk. Dit Franse en Duitse beleid vindt echter in die landen een vruchtbaarder voedingsbodem dan bij ons door de grotere dichtheid aan kennisintensieve bedrijven.

Onlangs heeft de Nederlandse overheid uit de zogenoemde aardgasbaten enige honderden miljoenen guldens vrijgemaakt voor de versterking van de kennisinfrastructuur (ICES). Bij het opzetten van programma's en projecten is (van overheidswege) terecht gekozen voor een beperkt aantal gebieden die specifiek voor ons land van belang worden geacht. En tevens is als voorwaarde gesteld dat deze programma's in een zogenaamde 'public-private partnership' worden opgezet en uitgevoerd. Dat is a priori ook een gezond idee, uitgaande van de gedachte dat uit de private belangstelling voor de onderwerpen een toekomstige marktverwachting zou blijken die overheidsbijdragen rechtvaardigt.

De private belangstelling bleek tot dusver echter niet overweldigend. Illustratief voor wat in het voorgaande over de concurrentie werd opgemerkt is de houding die de aannemers bij het ICES-project 'ondergronds bouwen' aannamen: 'Waarom zouden wij strategisch onderzoek mee financieren als later bij openbare aanbesteding, waaraan ook buitenlandse firma's kunnen deelnemen, de winstgevende projecten worden weggegeven?' Een ander reden waarom de private sector onvoldoende kon worden geïnteresseerd, was wellicht het feit dat van de GTI's niet specifiek is gevraagd hun vaste clientèle te mobiliseren. Maar de belangrijkste reden was mijns inziens dat onvoldoende kennisintensieve bedrijven in onze private sector aanwezig zijn. Dit moet aanleiding zijn het technologiebeleid niet al te sterk aan de contemporaine markt te koppelen.

Een aantal van de ICES-projecten heeft betrekking op de verbetering van de fysieke infrastructuur, zeer terecht in 'Nederland Distributieland', maar ook uit het oogpunt van het aantrekken van industriële bedrijvigheid, waarvoor geografische toegankelijkheid een eerste voorwaarde is. Koning Willem I realiseerde zich dat al in het begin van de vorige eeuw, toen Nederland ver achterliep op de industriële revolutie. Goede toegankelijkheid is nog steeds een eerste voorwaarde voor industriële ontwikkeling. De investeringen die thans in Rotterdam/Europort en Schiphol worden gedaan, zijn zeker noodzakelijk om de positie van Nederland als 'Gateway to Europe' te handhaven. Maar de kous is daarmee niet af. Uitsluitend de distributiefunctie ontwikkelen geeft onvoldoende waarborg voor de groei van economie en werkgelegenheid, omdat de toegevoegde waarde laag is. Een groeiende goederenstroom zal gepaard moeten gaan met nieuwe industriële bedrijvigheid die kennisintensief is. Dus bij het verbeteren van de kennisinfrastructuur met de ICES-projecten moet verder gekeken worden dan de behoefte van de *huidige* private sector. Afhankelijk van de aard van de te verwachten (toenemende) goederenstroom naar het achterland moet worden bezien op welke onderdelen, in de nabijheid van de 'mainports', met succes 'waarde kan worden toegevoegd' alvorens die stroom wordt doorgevoerd.

Een industriebeleid hoeft dus niet zomaar uit de lucht te worden gegrepen. De 'mainport'-functie van Nederland biedt goede aanknopingspunten, en met name van de GTI's mag worden verwacht dat zij hierop een visie kenbaar maken. De (gehoorde) reden waarom GTI's (PDO's)

niet nadrukkelijker zijn gevraagd om een inbreng bij het opzetten van de ICES-projecten, is dat men (van overheidswege) vreesde dat deze onderzoekinstellingen daardoor bevoorrecht zouden worden doordat ze claims op bepaalde sectoren zouden kunnen leggen. En waarom zouden ze eigenlijk niet? We komen met een industriebeleid ook geen stap verder als niet sterker dan voorheen die instellingen worden geraadpleegd waarvan verwacht mag worden dat zij over de benodigde expertise beschikken en over het professionele vermogen om die te ontwikkelen. Hier ligt juist op dit moment een grote uitdaging aan de PDO's: het ontwikkelen van onderzoekstrategieën in relatie tot het leveren van bijdragen aan een industriebeleid dat aansluit op het beleid met betrekking tot de fysieke infrastructuur in ons land.

IV. De grondslagen van het kennisverwerkende bedrijf

Het binnenklimaat van de professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie.⁽⁵⁾

Definities

Tot dusver zijn in dit boekje geen definities van de verschillende typen onderzoek gegeven. Dit is thans wel nodig gezien de verschillende interpretaties die aan deze begrippen door auteurs worden gegeven. Het meest in zwang is het om het gehele onderzoekveld in te delen in fundamenteel (zuiver wetenschappelijk) onderzoek, strategisch onderzoek en toegepast onderzoek. Fundamenteel onderzoek is een activiteit die door wetenschappelijke nieuwsgierigheid wordt gedreven met niet noodzakelijkerwijs vooruitzicht op toepassingen. Toegepast onderzoek heeft het oogmerk tot in de praktijk bruikbare resultaten te leiden. Daarna wordt nog een ontwikkelingsfase onderscheiden, zodat in de toegepaste sfeer veel wordt gesproken van R&D: research and development. Indien hier over toegepast onderzoek wordt gesproken, wordt daarmee in hierna volgende schema's korthedshalve bedoeld dat daaronder ook (een deel) van de ontwikkeling tot een produkt (de zogenaamde nulserie) kan worden begrepen.

Tussen fundamenteel en toegepast onderzoek bevindt zich een breed spectrum van activiteiten die met strategisch of 'generic' onderzoek worden aangeduid. Dit onderzoek heeft het oogmerk op termijn tot toepasbare resultaten te leiden. Op zichzelf heeft strategisch onderzoek een beperkte commerciële waarde, die afhangt van de 'afstand tot de markt'. Onder die afstand wordt verstaan de mate van 'opwerking' die nog nodig is met toegepast onderzoek om tot praktische resultaten te komen. Dit begrip 'afstand' wordt in hoofdstuk VII theoretisch verder uitgewerkt.

Veel ziet men de voorstelling:

Fundamenteel → Strategisch → Toegepast onderzoek

hetgeen suggereert dat er een push van links naar rechts bestaat. Dit is een verkeerde voorstelling van zaken. Fundamenteel onderzoek leidt niet per definitie tot strategisch onderzoek. En strategisch onderzoek leidt niet zondermeer tot toepassingen. Een juistere voorstelling van zaken is dat toegepast onderzoek vaak om onderbouwend strategisch onderzoek *vraagt*.

Niettemin leest men in beleidsstukken nog al eens de wens dat 'het fundamentele onderzoek in ons land beter op het strategische en toegepaste moet aansluiten'. In wezen is dit een tegenspraak in zich zelf: het fundamentele onderzoek heeft die doelstelling per definitie niet. Zou het dit wel hebben, dan valt het vanzelf in de klasse strategisch onderzoek. Toch is bovengenoemde wens geen volledige nonsens meer. Fundamentele vraagstellingen kunnen namelijk wel degelijk aan praktische worden ontleend. Met name in het fundamentele geneeskundig onderzoek is dit in hoge mate het geval. Men kan immers bij strategisch en toegepast onderzoek op 'bottle necks' stuiten die niet te passeren zijn omdat fundamentele kennis van zaken ontbreekt.

Dus, bovenstaand schema van rechts naar links lezend, mag toch worden gesteld dat strategisch en toegepast onderzoek om fundamenteel onderzoek kunnen vragen; het verschil met de aansluiting tussen toegepast en strategisch onderzoek is, dat men van het fundamentele onderzoek niet a priori een op de vraag toepasbaar antwoord mag verwachten, terwijl dat verrichte fundamentele onderzoek toch als zeer geslaagd kan worden aangemerkt.

De hier gegeven klassieke indeling wordt in de meer moderne R&D-litteratuur weinig meer gebruikt⁽¹¹⁾. Arthur D. Little heeft bij het doorlichten van kennisbedrijven het begrip '*technologie*' ingevoerd. Zo'n kennisbedrijf heeft een *portfolio* aan technologieën die worden gebruikt om toegepast onderzoek te verrichten. Het ontwikkelen van deze technologieën komt overeen met de klassieke term strategisch onderzoek.

Het conceptuele model

Hier wordt nog enigzins aan de oude terminologie vastgehouden in de zin dat twee typen activiteiten in het kennisverwerkende bedrijf worden

onderscheiden, te weten de produktie van strategische kennis en de produktie van toepasbare en daarmee verkoopbare resultaten. In het conceptuele model van het kennisverwerkende bedrijf (Schema 2) worden geld- en kennisstromen onderscheiden (resp. aangeduid met M en K) die door de medewerkers worden verwerkt.

We beperken ons eerst tot de hoofdstromen.

Strategische kennis K3 wordt geproduceerd op basis van kennis K1 die van buiten het bedrijf wordt betrokken, en met behulp van geldstroom M1. Dit leidt tot een voorraad strategische kennis KS (symbool hier niet aangegeven; zie daarvoor hoofdstuk VII; KS = Knowledge in Store), ofwel de portfolio, op basis waarvan toepasbare kennis wordt gegenereerd met behulp van geldstroom M2. De verkoop daarvan levert de geldstroom MS (Money from Sale) op.

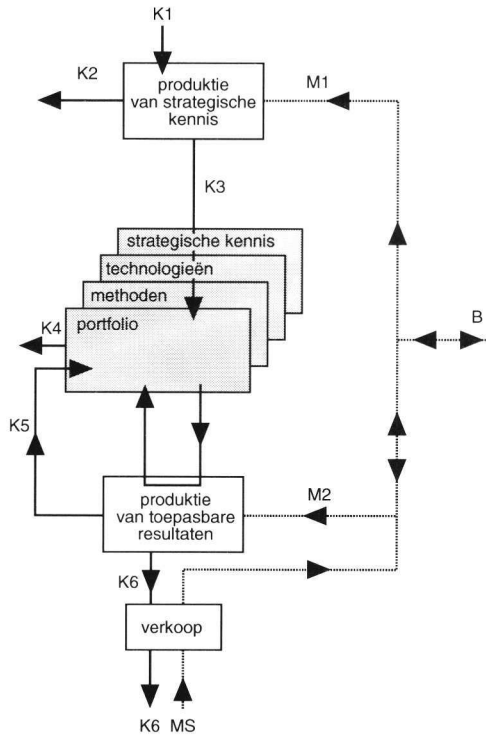
Daarnaast is er een geldstroom B die in principe in twee richtingen kan lopen. Is deze stroom buitenwaarts gericht, dan weerspiegelt deze de winst die wordt gemaakt: $B = MS - M1 - M2$.

Is de stroom binnenwaarts gericht, dan wordt 'verlies' gemaakt of representeert deze de subsidie- of sponsorgelden die worden ontvangen: $B + MS = M1 + M2$.

Merk op dat in het schema de kennisstroom uit de voorraad naar de eenheid voor de produktie van toepassingen, niet met een éénrichting pijl is aangegeven, maar met een retourpijl. Dit symboliseert dat de strategische kennisvoorraad niet zondermeer wegvloeit als gevolg van toegepast onderzoek, maar in het bedrijf achterblijft. Deze strategische kennisvoorraad heeft als het ware het karakter van een *katalysator* die nodig is om met geldstroom M2 toepasbare resultaten te verkrijgen (later zullen wij dit beeld nuanceren).

K5 is ook een retourkennisstroom van de eenheid voor de produktie van toepasbare resultaten naar de kennisvoorraad. Deze symboliseert dat bij het verrichten van toegepast onderzoek dit niet noodzakelijkerwijs volledig wordt uitverkocht, maar ook aan de opbouw van de portfolio kan bijdragen.

Tenslotte de kennisstromen K2 en K4. K2 symboliseert het resultaat van strategisch onderzoek dat op afzienbare termijn niet zal bijdragen aan de bruikbare strategische kennisvoorraad. In de volgende paragraaf wordt daar nader op ingegaan. K4 stelt de autonome veroudering van de kennisvoorraad voor, alsmede het verlies van kennis als gevolg



Schema 2

Kennis- en geldstromen in het kennisverwerkende bedrijf.

Dit schema is een uitwerking van schema 1.

K1 = kennisstroom van buiten (open literatuur)

K2 = bijprodukt van strategisch onderzoek dat niet tot de opbouw van de strategische kennisportfolio van het bedrijf bijdraagt

K3 = strategische kennis waarmee de portfolio wordt opgebouwd

K4 = autonome uitstroom van strategische kennis uit de voorraad

K5 = strategische kennis die door hoogwaardig toegepast onderzoek wordt gegenereerd

K6 = verkoopbare, toegepaste kennis

MS = geldopbrengst van K6 uit de markt

M1 = investering in strategisch onderzoek

M2 = de kosten van toegepast onderzoek

B = bij instroom: subsidie

B = bij uitstroom: opbrengst

van het vertrek van medewerkers die kennisdragers zijn. Ook hierop wordt in het hierna volgende teruggekomen. Voor een goed begrip van de werking van het kennisbedrijf is het allereerst noodzakelijk enige karakteristieken van de produktie van strategische en toepasbare kennis en het kennisreservoir te bezien.

De produktie van strategische kennis

De belangrijkste karakteristiek van strategisch onderzoek is het betrekkelijk lage rendement ervan. Slechts een klein deel van de resultaten blijkt in retrospect tot toepassingen te hebben geleid. Van Krevelen (hoogleraar chemische technologie TH-Delft en research-directeur DSM) heeft dit in de zeventiger jaren geschat op minder dan één procent in de farmaceutische industrie, op tien procent in de chemische industrie en op twintig procent in de mechanische technologie. In ons schema is kennisstroom K2 dus relatief hoog, tenminste vijf- tot tienmaal groter dan K3.

Strategisch onderzoek is dus een kostbare aangelegenheid en daarom is het van het grootst mogelijke belang dat hierin zeer scherp prioriteiten worden gesteld.

Om de kosten te reduceren is instroom K1 van belang en wel de instroom van kennis die niet zoveel opwerking behoeft. Deze wordt ontleend aan de open literatuur. Een andere belangrijke inspiratiebron zijn nabijgelegen universiteiten. Hierop is in hoge mate de filosofie van Fraunhofer in Duitsland gebaseerd. Elk Fraunhofer-instituut is met een faculteit verbonden, heeft gemeenschappelijk personeel; de directeur van het instituut is ook steeds hoogleraar aan de universiteit. Een voorbeeld van deze constructie in ons land is de Technisch Fysische Dienst TNO-TU Delft, een liaison van een TNO-instituut met de faculteit der Technische Natuurkunde van de TU-Delft.

Voor de economie van het kennisverwerkend bedrijf is de selectieve kennisopname van buiten dus even belangrijk als de eigen produktie en de verkoop. In Nederland bevorderen de GTI's deze kennisoverdracht door medewerkers toe te staan een deeltijdhogleraarschap aan een universiteit te aanvaarden.

In het huidige Europese wetenschappelijk klimaat wordt het merendeel van het strategisch onderzoek, op grond van de in voorgaande hoofdstukken gegeven overwegingen, van overheidswege gefinancierd. In het schema loopt er dus een geldstroom van B naar K3.

Het merendeel 'lump sum', zij het in het algemeen wel met verantwoording achteraf. Daarnaast is er een veelvoud van fondsenverschaffende instanties die strategisch onderzoek op projectbasis financieren. Daarmee komt de beslissing over de prioriteitstelling ten aanzien van de opbouw van de portfolio gedeeltelijk buiten het kennisbedrijf te liggen. Andere facetten van deze projectfinanciering zijn het prestige dat met de verwerving gepaard gaat, en het feit dat zij vaak niet kosten-dekkend is (EG-bijdragen zijn gewoonlijk vijftig procent). Daardoor krijgen deze fondsen soms het karakter van een 'hidden persuader', als onvoldoende het eigenbelang van het kennisbedrijf in aanmerking wordt genomen bij de verwerving.

Het kennisreservoir

Of een kennisbedrijf voldoende snel op een vraag uit de markt kan reageren, hangt af van de kwaliteit en de omvang van de portfolio. Het aanhouden van een groot reservoir is echter kostbaar, in verband met renteverliezen. In het hierna volgende zullen we zien dat kwaliteit en omvang van de kennisvoorraad op de omvang van de potentiële markt dienen te worden afgestemd om het grootst mogelijke rendement te verkrijgen.

Een belangrijk aspect van het kennisreservoir is de autonome veroudering ervan. Net als van consumentengoederen wordt ook van kennis de levenscyclus steeds korter. In sommige gebieden heeft vijf jaar oude kennis al vrijwel geen waarde meer (bijvoorbeeld in de software ontwikkeling). Dit komt overeen met een halveringstijd van ongeveer anderhalf jaar.

De uitstroom K4 symboliseert ook het vertrek van medewerkers. De betekenis van dit verlies als kennishoeveelheid wordt door instituuts-directies vaak overschat en wel vanwege eerdergenoemde steeds plaatsvindende autonome veroudering. Doorstroom en nieuwe instroom van medewerkers, alsmede 'education permanente', zijn van groot belang omdat steeds sneller met de strategische kennisvoorraad moet worden

gereageerd op veranderingen in de marktbehoefte. In de goed lopende kennisbedrijven wordt veel aandacht besteed aan het personeelsbeleid en aan opleidingen, omdat men zich realiseert dat personeelsbeleid en researchbeleid zeer sterk aan elkaar zijn gebonden.

Tenslotte, in het grote kennisbedrijf (duizend of meer medewerkers) is voorts de compartimentalisatie van de kennisvoorraad van belang, omdat deze over meerdere instituten is verspreid en daardoor niet meer voor elke medewerker gemakkelijk toegankelijk is. Dit leidt ook tot dubbelinvesteringen in verschillende instituten en daarmee zelfs tot interne competitie voor een marktaandeel. Het voordeel van een groot kennisbedrijf boven een klein is natuurlijk dat het juist door samenbrengen van uiteenlopende disciplines markten kan bewerken die een klein bedrijf moet laten liggen. En een ervaringsfeit is dat de markt steeds meer om multidisciplinaire aanpakken vraagt. Het grote bedrijf treedt deze vraag tegemoet door instituten van redelijk grote omvang (ongeveer vijfhonderd medewerkers) onder één directie te plaatsen, door regelmatig zijn interne structuur te herzien en door 'corporate' account-managers aan te stellen die specifieke onderzoekgebieden en klantenkringen in de gaten houden. Illustratief in dit opzicht is bijvoorbeeld BSO (4.600 medewerkers), een succesvol softwarebedrijf dat met de filosofie van zijn oprichter Eckart Wintzen aanvankelijk onder het motto 'hou het klein' in zogenaamde 'cellen' van ongeveer vijftig medewerkers was ingedeeld, maar onlangs om bovengenoemde reden tot samenvoeging van cellen tot grotere eenheden is overgegaan. Het vormen van grotere bedrijven leidt gemakkelijk tot een grotere bureaucratie. De hogere kosten daarvan moeten door effectieve samenwerking van onderdelen op (exclusieve) markten worden goedgeemaakt.

De produktie van toegepast onderzoek

Deze vindt gewoonlijk op contractbasis plaats, waarmee een betaling gepaard gaat. Op de te bedingen 'prijs' voor deze leverantie wordt in de volgende paragraaf en (meer theoretisch) in Hoofdstuk VII ingegaan. Eerder is reeds gewezen op kennisstroom K5, de 'spin-off' van toegepast onderzoek, die terugvloeit naar het kennisreservoir. Hoe groter deze 'spin-off', des te minder hoeft het kennisbedrijf in het dure strategische onderzoek te investeren. Sommige kennisbedrijven zien kans

vrijwel volledig op deze wijze in hun behoefte aan kennisvoorraad te voorzien. Voorwaarde daarvoor is uiteraard dat toegepast onderzoek van voldoende hoog niveau wordt verricht. Met routine-onderzoek (bijvoorbeeld keuringen) bereikt men dit niet.

Echter, ook in het bedrijf dat het meest hoogwaardige toegepaste onderzoek uitvoert is het gevaar verre van denkbeeldig dat men, al te veel vertrouwend op de 'spin-off', op den duur in een klein en verouderend marktsegment blijft hangen omdat nieuwe segmenten buiten het gezichtsveld blijven.

De sturings- en financieringsproblematiek

Het grote probleem van het kennisbedrijf dat zijn toegepaste onderzoek op strategische kennis baseert, is de kostbaarheid van het genereren van die strategische kennis, omdat het rendement daarvan relatief laag is en de bruikbaarheid van de uitkomsten moeilijk voorspelbaar. Vooral gezien dit grote risicodragende karakter, is de afnemer van toegepast onderzoek slechts zelden bereid hierin te investeren of de benodigde toeslag op de prijs voor het afgeleverde produkt te betalen, een toeslag die voortvloeit uit de eerdere investering in de opbouw van de strategische kennisvoorraad. Het probleem kan worden geïllustreerd met een eenvoudig getallenvoorbeeld. Stel de fractie strategische kennis waarop een partij toegepast onderzoek is gebaseerd, is geproduceerd met een rendement van tien procent, dan is de kostprijs van die partij toegepast onderzoek ongeveer tienmaal zo hoog als de produktie van die partij zelf heeft gekost.

De oplossing van het probleem ligt voor de hand. Het bedrijf moet een strategische kennisvoorraad opbouwen en technologieën in huis halen, waarop meervoudig toegepast onderzoek kan worden gebaseerd. Wanneer eerder genoemde fractie strategische kennis tweemaal wordt gebruikt, daalt de kostprijs van partijen toegepaste onderzoek tot vijfmaal de prijs van de partijen zelf. Bij tienvoudig gebruik komt de kostprijs nog maar tien procent hierboven te liggen en dit brengt de gewenste toeslag op de prijs van de produktie van toepasbare kennisprodukten binnen aanvaardbare grenzen van de afnemers. Merk op, het meervoud: afnemers. Het kennisbedrijf is rendabel te maken indien het een breed spectrum van afnemers kan bedienen. En merk

op, dat is ook precies de doelstelling die wij in het eerste hoofdstuk voor de professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie hebben geschetst: het bedienen van een brede klantenkring waarin elke afnemer afzonderlijk niet in staat is de benodigde investeringen in strategische kennis op te brengen.

Bezien wij in retrospect de portfolio die grote kennisbedrijven hebben opgebouwd, dan blijkt maar al te vaak dat daarvan onvoldoende multiple gebruik is gemaakt of liever: kon worden gemaakt. De verklaring daarvoor is dat de markt die men voor het onderzoek op het oog had, zich niet heeft ontwikkeld zoals bij het begin van het opbouwen van de strategische kennis werd verwacht. Dacht men aanvankelijk deze kennis tienmaal te benutten en werd daarop de marktprijs berekend, en gebeurde dit uiteindelijk maar twee keer, dan is duidelijk dat op de 'opbrengst' een bijna vijfvoudig verlies is geleden. Moet men dan met het opbouwen van die strategische kennisvoorraad wachten tot zich reeds een markt voor het toegepaste onderzoek heeft ontwikkeld? Dat kan, maar het is bepaald niet het doel dat de PDO voor ogen staat, die een bijdrage wil leveren aan de op technologische ontwikkeling gebaseerde economische ontwikkeling.

In het volgende hoofdstuk zullen we nader ingaan op de risico's die de op innovatie gerichte PDO moet nemen en hoe de beheersing daarvan kan worden nagestreefd. Het is een kwalitatieve benadering, gebaseerd op de ervaringen met een verscheidenheid aan PDO's of onderdelen daarvan. In hoofdstuk VII is het hier gepresenteerde denkmodel voor de PDO ook meer kwantitatief uitgewerkt. Logischerwijs zou dit aan het volgende hoofdstuk vooraf moeten gaan. Hiervan is afgezien om te voorkomen dat de algebraïsch niet-geschoolde lezer het spoor in het betoog bijster zou raken.

V. Het spreiden en beheersen van risico's

'How to make research pay off'.

Er is niet één enkel recept te geven om de risico's verbonden aan innovatief onderzoek te beheersen of af te wentelen, om daarmee de professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie zo goed mogelijk rendabel te maken. Een aantal recepten is in het voorgaande impliciet reeds gegeven en wordt hier nogmaals met de voor- en nadelen op een rijtje gezet. De eerste vier zijn van financieel-mechanistische aard. In de daarop volgende beschouwingen wordt ingegaan op enkele management-aspecten met betrekking tot de technologie-portfolio die de basis vormt van het kennisverwerkende bedrijf.

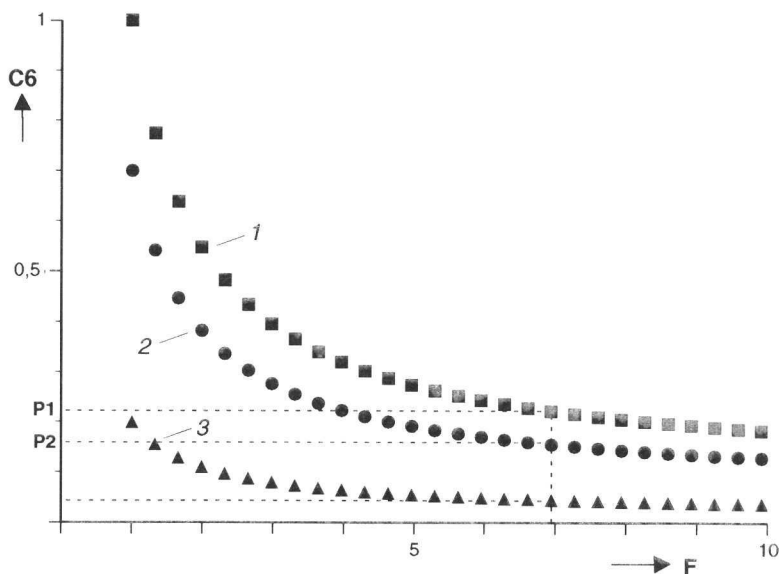
Het multiple gebruik van de kennisvoorraad

Zoals in het voorgaande hoofdstuk reeds is uiteengezet, is dit de benadering die het best past bij de doelstelling van de PDO: het economisch rendabel maken van strategische kennis ten behoeve van een breed spectrum aan klanten.

De aandacht wordt er op gevestigd dat het risico dat wordt gelopen, snel afneemt met hoger multiple gebruik van de strategische kennis. Dit wordt geïllustreerd met figuur 1, die gebaseerd is op de in hoofdstuk VII gemaakte berekeningen.

Als de kostprijs wordt berekend op tweevoudig gebruik, dan wordt dit bij een kleine vergissing in negatieve zin ten aanzien van het voorspelde meervoudig gebruik, ernstig afgestraft. Als de kostprijs wordt berekend op veelvoudig gebruik, dan blijft bij een kleine vergissing de schade beperkt, dankzij het asymptotisch verloop van de curve. Bij een grote vergissing is de schade uiteraard altijd groot.

De mogelijkheid van het meervoudig gebruik van strategische kennis hangt in de eerste plaats af van de breedte van de markt, maar ook van de afstand van de strategische kennisvoorraad tot die markt. Op het eerste gezicht verwacht men dat het rendement hoger zal zijn naarmate die kennisvoorraad dichterbij de markt staat. De in hoofdstuk VII



Figuur 1

Verloop van de prijs per afgeleverde kenniseenheid C_6 met het multiple gebruik F van de strategische kennisvoorraad [volgens formule (7); $C_1 = 1$, $C_2 = 0,1$]. Curven 1, 2 en 3 met resp. $RI = 0$ (geen subsidie), $RI = -0,3$ (30% subsidie) en $RI = -0,8$ (80% subsidie). Voor p_1 en p_2 zie tekst.

weergegeven berekeningen wijzen anders uit. Althans dat een optimum aan rendement, een minimum aan kostprijs, in eerste instantie afhankelijk is van het meervoudig gebruik dat kan worden gemaakt. Is dit hoog, dan wordt een optimum gevonden bij een grote strategische kennisvoorraad die relatief ver van de markt staat. Is dit laag, dan ligt het optimum bij een kleine voorraad die dicht bij de markt staat. Ook zonder genoemde berekeningen kan men dit op grond van andere kwalitatieve overwegingen aanvoelen: hoe groter de strategische kennisvoorraad, des te groter deel van de markt kan worden bestreken. De berekening is gebaseerd op de veronderstelling dat strategische kennis die dicht op de markt staat, met de leverantie van toepasbare kennis wegvloeit omdat de afnemer een zekere exclusiviteit verlangt. De prijs die dan moet worden berekend, is navenant hoger. Bij een grotere

afstand van de strategische kennisvoorraad tot de markt speelt de exclusiviteit niet; de daaraan gekoppelde hogere omzet maakt dat de kostprijs van de opbouw van de kennisvoorraad minder zwaar drukt op de te vragen marktprijs voor toepasbare resultaten. Hier geldt het oud-vaderlandse koopmansgezegde: de omzet moet het hem doen.

Feed-back van toegepast onderzoek

Hoogwaardig toegepast onderzoek levert altijd een 'spin-off' aan strategische kennis. Zoals eerder gesteld, door daar gebruik van te maken hoeft minder in van de grond-af-aan kostbare opbouw van de kennisvoorraad te worden geïnvesteerd. De vraag is echter of de opdrachtgever die voor het toegepaste onderzoek heeft betaald, het hergebruik van de 'spin-off' toestaat in verband met het exclusiviteitsbeginsel. Ook de opdrachtgever 'concurrere' met kennis. Het hergebruik van kennis moet uiteraard vóór de opdrachtverstrekking in de onderhandelingen worden betrokken. In het algemeen zal de opdrachtgever weinig bezwaar maken tegen hergebruik als deze kennis in een totaal ander marktsegment wordt toegepast dan hij zelf bestrijkt. Wellicht bedingt hij, terecht, wel een 'royalty' voor het hergebruik in dat andere marktsegment. Een en ander kan met een octrooi-aanvraag worden vastgelegd.

Een (vooralsnog) fictief voorbeeld: ten behoeve van een bierbrouwer zijn moderne genetische technieken ontwikkeld om het kiemproces van brouwergerst te kunnen volgen. Een deel van die technieken kan wellicht op tarwe worden toegepast ten behoeve van een spaghetti-fabrikant die geïnteresseerd is in een ander aspect van het daar eveneens in voorkomende zetmeel.

Risicospreiding met collectieven

Potentiële afnemers van toegepast onderzoek in een bepaalde branche die elk afzonderlijk niet de financiële middelen kunnen opbrengen om te investeren in kostbaar en risicodragend strategisch onderzoek, kunnen worden bewogen dit *gezamenlijk* te doen, ofwel de kosten te delen. Daarbij kan ook nog een sterke stimulans van de overheid uitgaan indien deze bereid is eveneens een bijdrage te leveren met het oogmerk

de betreffende branche te stimuleren. Het gebruik van deze zogenaamde 'stimulerings'subsidie is zeer effectief gebleken. Voorwaarde voor de private deelnemers is meestal wel dat het strategisch onderzoek pre-competitief van aard is, dus niet te dicht op de markt zit, wederom vanwege eerder genoemd exclusiviteitsbeginsel. Maar het moet desalniettemin kunnen leiden tot bruikbare toepassingen.

In genoemde klasse stimuleringssubsidie vallen ook de zogenaamde Eureka-projecten van de leden van de EG, waarmee de samenwerking tussen bedrijven en onderzoekinstellingen in verschillende landen wordt bevorderd.

Overheidssubsidies

In voorgaande hoofdstukken is het gebruik van overheidssubsidies en de rechtvaardiging daarvan reeds een aantal malen ter sprake gebracht. Een enkel aspect verdient nog de aandacht. Het gebruik van overheidsfinanciering voor strategisch onderzoek moet gezien worden als een investering, niet als een exploitatiesubsidie, in 's lands economisch belang, waarbij de overheid het risico overneemt van hen die deze risico's niet kunnen dragen. Met name van het midden- en kleinbedrijf, maar ook van de PDO. Wat deze laatste betreft kan worden opgemerkt dat een overheidsbijdrage ook een groot gunstig effect heeft op het risico dat bij het al dan niet multiple gebruik van de strategische kennisvoorraad wordt gelopen. Dit kan uit fig. 1 worden afgeleid.

Curve (1) geeft de daling van de kostprijs van toegepast onderzoek weer, gebaseerd op eerder gegenereerde strategische kennis, met multiple gebruik, curve (2) bij dertig procent subsidie. Niet alleen is in geval (2) de kostprijs lager, maar ook neemt de helling sneller af, zodat een verkeerde inschatting van het multiple gebruik bij lager multiple gebruik minder zwaar wordt afgestraft. Deze functie van overheidsfinanciering ten aanzien van risicodekking bij de PDO blijft veelal onderbelicht. Meestal ziet men deze subsidie slechts als een indirecte bijdrage aan de afnemer van het eindprodukt. Wat het zeker is, zoals uit figuur 2 blijkt, omdat de absoluut te berekenen prijs lager kan liggen. Maar daarnaast is van minstens zo groot belang dat de overheidsfinanciering de PDO in staat stelt grotere risico's te nemen dan zonder overheidsbijdrage mogelijk zou zijn. Dit effect treedt alleen op als er inderdaad sprake kan zijn van het multiple gebruik van kennis.

In hoofdstuk III is de PDO die minder dan tachtig procent overheidsfinanciering (bijvoorbeeld dertig procent) geniet als een economisch 'mirakel' aangeduid en wel op grond van bovenstaande overweging. De PDO met tachtig procent overheidsfinanciering loopt vrijwel geen risico; de niet gesubsidieerde zeer veel. De dertig procent helpt al zeer veel om het risico te beperken, omdat bij het multiple gebruik van de kennisvoorraad een 'break even point' (bij een gefixeerde marktprijs, bijvoorbeeld P1 in figuur 1) eerder wordt bereikt.

In recente beleidsliteratuur over de verbetering van de wetenschappelijke infrastructuur komen nogal eens adviezen voor⁽²⁾ de PDO's sterker op de markt te richten en juist daartoe overheidsfinanciering aan te wenden. De huidige kennis zou te ver van de markt staan. Deze conclusie is wellicht juist indien men het oogmerk heeft een hoeveelheid gegenereerde strategische kennis eenmalig naar de markt te brengen. In dergelijke adviezen wordt de mogelijke *breedte* van de markt niet in aanmerking genomen.

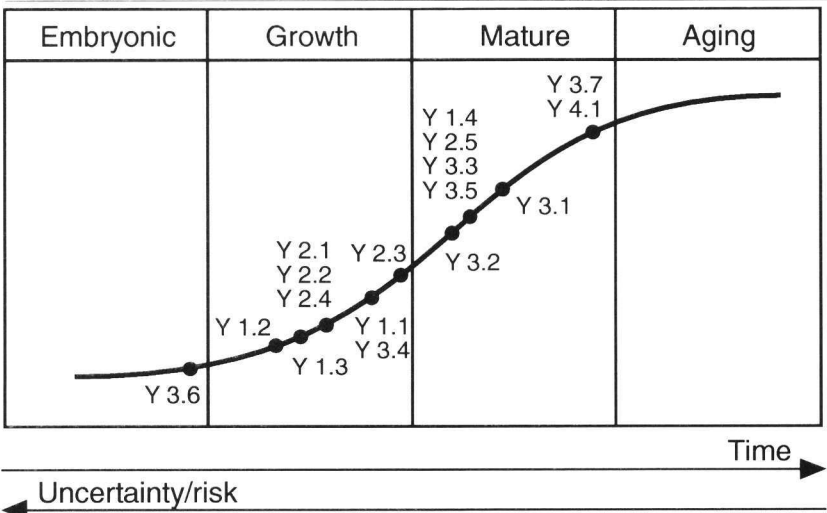
In het voorgaande hebben we laten zien dat juist het gebruikmaken van die breedte een groot gunstig effect heeft op de kostprijs van de uiteindelijk af te leveren kennisprodukten en daarmee op het rendement van het kennisbedrijf. En daarmee ook op die van de B.V. Nederland, op het rendement van de overheidsfinanciering in de kennisinfrastructuur. De consequentie van een overheidsbeleid gericht op het doen afleveren van 'unica' is dat de kostprijs stijgt en daarmee de concurrentiepositie onder druk komt te staan, tenzij afname van het duurdere produkt wordt gegarandeerd. Maar een PDO met dertig procent overheidsfinanciering of minder kan zich feitelijk het afleveren van 'unica' niet (meer) veroorloven.

De inhoud van de portfolio

Maar ook deze laatste stelling verdient nuancering; zoals veel voorgaande (de markt voor onderzoek zit aanmerkelijk meer gecompliceerd in elkaar dan men veelal veronderstelt). Het kennisverwerkende bedrijf dat risico's moet spreiden, doet er goed aan niet bij één recept te zweren, doch in onderdelen van de organisatie verschillende recepten naast elkaar te gebruiken. Dit is op zichzelf een manier van risicospreiding.

Uiterst belangrijk voor het rendabel maken van een kennisverwerkend bedrijf is het (voortdurend) bezien van zijn kennis-portfolio. Over de aanpak daarvan heeft met name Arthur D. Little recentelijk belangrijke nieuwe concepties ontwikkeld⁽¹¹⁾. Daarbij wordt ten aanzien van de inhoud van de kennis-portefeuille de klassieke indeling in fundamenteel, strategisch en toegepast onderzoek volledig losgelaten. In plaats daarvan wordt gesproken van *technologieën* (methoden en technieken) die worden ontwikkeld om daarmee een (toekomstige) marktverwachting voor toepassingen tegemoet te treden.

Een technologie heeft, net als een consumentenprodukt, een levenscyclus. Bij het begin van de ontwikkeling (men noemt dat het 'embryonale stadium'), staat deze nog ver van de markt en vergt ze nog veel investering (de groeifase) om tot rijpheid (mature) te komen. De rijpe technologieën staan volledig klaar voor marktwerking en vergen dus weinig investering meer.



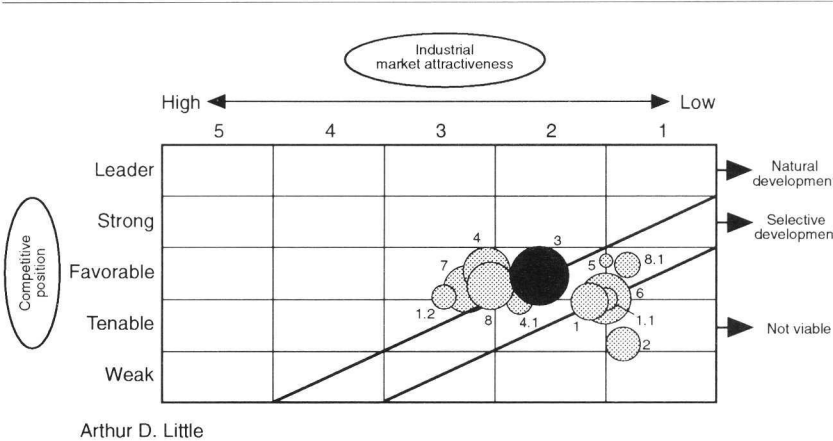
Arthur D. Little

Schema 3

Analyse van de kennisportfolio van een onderzoeksinstituut op grond van de mate van rijpheid voor de markt (Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO). Y 3.6 correspondeert met de ontwikkeling van een dieselmotor die aan de voor het jaar 2005 veronderstelde milieunormen moet voldoen. Y 3.7 correspondeert met keuringen die op basis van huidige normen worden verricht.

In vorenstaand schema 3 is dit weergegeven. De Y-as representeert daarbij de cumulatieve investering die met de tijd (X-as) relatief heeft plaats gevonden. Rechtevenredig met de tijd is de mate van beschikbaarheid (availability) van de technologie voor de markt; omgekeerd evenredig is het risico dat de zich ontwikkelende technologie zich werkelijk een positie op de markt zal veroveren.

De technologieën worden vervolgens gebundeld tot zogenaamde 'Strategic Research Units'(SRU), mede op grond van hun synergetische marktverwachting (zie schema 4), op basis waarvan een daadwerkelijk marktonderzoek wordt verricht.

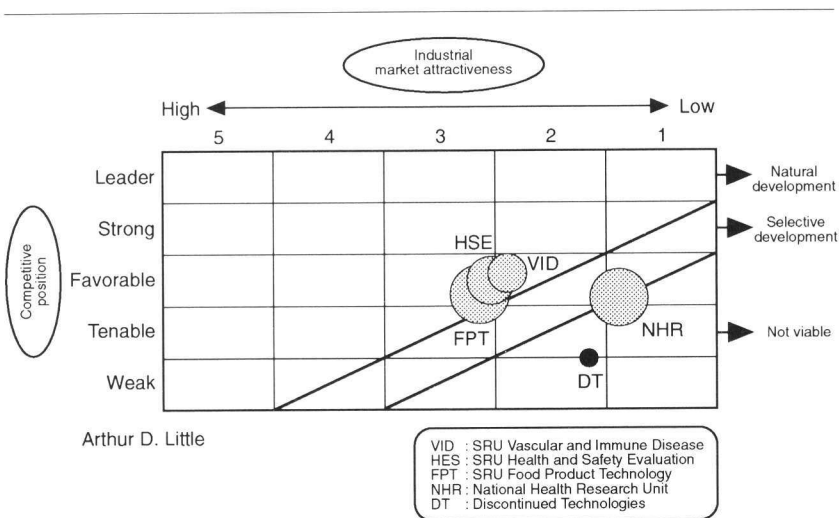


Schema 4

Voorbeeld van de bundeling van technologieën binnen een onderzoeksegment (in dit geval TNO Gezondheidsonderzoek) in zogenoemde 'Strategic Research Units'. Samengesteld op basis van een (nog) niet geverifieerde marktverwachting.

Dit marktonderzoek leidt veelal tot herrangschikking in andere SRU's als blijkt dat aanvankelijk niet de meest optimale combinaties zijn gekozen.

Uiteraard worden de niets meer belovende technologieën (DT in schema 5) uit de portfolio geschrapt. En het marktonderzoek leidt tot het ter hand nemen van nieuwe technologieën waarvoor in de toekomst een markt wordt verwacht.



Schema 5

De herziene bundeling van technologieën (uit schema 4) tot 'Strategic Research Units' na marktonderzoek.

Keren we nog even terug naar schema 3. Het is uit het oogpunt van de continuïteit van de onderneming van belang dat de technologieën in de portfolio (van een SRU) gespreid over de curve liggen; SRU's met uitsluitend 'aging' technologieën zullen meer in embryonale moeten investeren. SRU's met veel embryonale technologieën zijn wellicht al te veelbelovend met te weinig concrete vooruitzichten om al die technologieën te kunnen handhaven.

Planning en voortgangsccontrole

Uit het oogpunt van risicobeheersing is het uiteraard gewenst dat regelmatig 'audit' van de portfolio plaatsvindt, zoals in de vorige paragraaf beschreven. Dit resulteert in een meerjarenplan voor investeringen in onderzoek (technologie-ontwikkeling), marktwerking, allocatie van medewerkers en (her)inrichting van de organisatie. De geïntegreerde behandeling van deze facetten, financiën, programma, markt, personeel en organisatie, is daarbij essentieel.

Tijdens de implementatiefase van het plan wordt een regelmatige voortgangscntrole uitgeoefend (per maand) op de realisatie, op de vulling van de orderportefeuille voor de korte en middellange termijn; daarover wordt een zogenaamde strategische dialoog (per kwartaal) gevoerd in de gehele hiërarchische lijn. De daaraan verbonden 'bureaucratie' baart wel eens zorgen, maar vroegtijdige signalering van risico's die worden gelopen, dan wel doelbewust genomen gaan worden, zijn essentieel voor het functioneren van de PDO. Eventuele ingrepen tot bijsturing moeten zo vroegtijdig mogelijk worden gedaan, om te voorkomen dat verliezen ongecontroleerd gaan accumuleren. Dàt op onderdelen verliezen worden gemaakt (met name de tijdsplanning van onderzoekprojecten is een moeilijke zaak), is niet te voorkomen. Deze moeten worden gecompenseerd door het positieve rendement dat op andere onderdelen wordt gerealiseerd. Dit is inherent aan het risico-dragende kennisverwerkende bedrijf, te meer omdat het aantal 'kranen' waarmee de interne produktie kan worden gestuurd (zie schema 6 in hoofdstuk VII) beperkt is.

VI. De aansturing van gezondheidsonderzoek in Nederland

De professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie in de 'non-profit'-sector.

In de voorgaande hoofdstukken is het functioneren van de PDO geschetst, waarbij ervan is uitgegaan dat er in principe een goed betalende private markt voor zijn dienstverlening bestaat. Op terreinen die worden beschouwd als onderwerp van staatszorg, zoals defensie en volksgezondheid, is dit slechts in beperkte mate het geval. Het onderzoek wordt overwegend van staatswege gefinancierd: de gebruiker van de resultaten is gewoonlijk de gemeenschap als geheel. In deze sectoren van staatszorg is in overwegende mate sprake van wat in hoofdstuk III is genoemd een 'kunstmatige markt' voor onderzoek, die wordt geschapen om van overheidswege een zekere greep te krijgen op het onderzoek dat van nationaal belang is.

Naar aanleiding van de in ons land opgelaaide discussie over de wetenschappelijke infrastructuur van het gezondheidsonderzoek, werd hierover door TNO op verzoek van de staatssecretaris van Volksgezondheid een advies uitgebracht. Dat bevatte een pleidooi om daarin een positie voor een PDO te creëren, met het oog op de na te streven verhoging van de doelmatigheid in het gezondheidsonderzoek.

Overwegende dat voor het functioneren van een PDO het bestaan van een private (natuurlijke) markt op zichzelf geen prerogatief is, leek het nuttig bovengenoemd advies in dit bestek te reproduceren, omdat daarin nader werd ingegaan op de mogelijke positionering van de PDO ten opzichte van andere actoren in het veld. Hierbij wordt in wezen ingegaan op een vraag die in hoofdstuk III naar voren kwam, namelijk of het instrument van de kunstmatige markt altijd wel de beste manier is om de publieke middelen op de meest efficiënte wijze te besteden. Door reproductie van genoemd advies wordt ten aanzien van de in het voorgaande behandelde materie echter soms in herhaling vervallen, waarbij de lezer wordt gevraagd dit voor lief te nemen. Wie niet in 'gezondheid' is geïnteresseerd, kan ook verder gaan bij hoofdstuk VII.

Algemene probleemstelling

Aangezien de publieke middelen voor investeringen in onderzoek beperkt zijn, is er behoefte aan deskundigheid die de overheid behulpzaam is bij het stellen van prioriteiten en posterioriteiten en bij het waarborgen dat het uitgestippelde beleid op doelmatige wijze wordt geïmplementeerd.

De in ons land ontwikkelde wetenschappelijke infrastructuur kent vele spelers: overheidsorganen, adviesraden, wetenschappelijke instituties, maatschappelijke instituties, universitaire en buiten-universitaire onderzoekinstellingen en de 'gebruikers' van onderzoekresultaten. De infrastructuur is door een OECD-visitatiecommissie in 1988 beoordeeld als zeer complex en gekwalificeerd als een 'self propelling bureaucracy'.

Recente adviezen inzake programma-afstemming van onderzoekinstellingen en bevordering kennisoverdracht

De infrastructuur is niet alleen complex door de veelheid van participerende organen. Onder budgettaire druk trachten onderzoekinstellingen nieuwe 'marktpartijen' voor hun onderzoek te vinden en daarmee komen ze op elkaars terrein. De grootste investeerder in onderzoek is de overheid. Deze dient zich derhalve af te vragen in hoeverre onvoldoende programma-afstemming van instellingen aanleiding tot dubbel-investering met publieke fondsen is.

Het rapport van de stuurgroep 'Brede analyse van het gezondheids-onderzoek'⁽⁴⁾ geeft een advies tot herverkaveling van activiteiten tussen onderzoekinstellingen, met het doel programma-afstemming te bevorderen en overlap te saneren en daardoor de doelmatigheid van de besteding van publieke fondsen te verhogen.

Het rapport 'Versterking van de kennisinfrastructuur'⁽²⁾ heeft als belangrijke invalshoek verhoging van doelmatigheid door de bevordering van kennisoverdracht tussen publieke onderzoekinstellingen en bedrijfsleven. Maar wat betreft het verhogen van de doelmatigheid van investeringen in onderzoek op nationaal niveau wordt met deze adviezen niet doorgedrongen tot de kern van de problematiek.

Professionele dienstverlening in de onderzoeksector

De kern van de problematiek is dat het verrichten van fundamenteel en strategisch onderzoek met het oog op praktische toepassing sterk risico-dragend is. Dit heeft tot gevolg dat alleen zeer grote ondernemingen in staat zijn de risico's van investeringen in deze typen onderzoek te nemen en dat, bij het bezien van de nationale concurrentiepositie, overheden worden geacht een deel van dit financiële risico over te nemen. De functie van de overheid in de infrastructuur is hiermee gedefinieerd. Het beheersen van genoemde risico's heeft zich tot een eigen professie ontwikkeld, eerst in grote industriële laboratoria, daarna in contract-researchorganisaties, hier aan te duiden als professionele dienstverlenende onderzoekorganisatie. Sleutelwoorden zijn: de opbouw van een evenwichtige kennisportefeuille waarmee door risicospreiding *continuïteit* van de dienstverlening wordt nagestreefd en *doelmatigheid* door een managementregime op basis van geïntegreerde verantwoordelijkheid voor programma, personeel en financiën.

Doelmatigheid in de publieke infrastructuur

De voor onderzoekinstellingen ontwikkelde instrumenten zijn niet zondermeer toepasbaar op het niveau van de nationale kennisinfrastructuur, omdat de geïntegreerde managementverantwoordelijkheid niet past in het kader van een terugtrekkende overheid die het management 'op afstand' plaatst. Het nastreven van doelmatigheid op nationaal niveau is daarom een illusie, maar, zoals zal worden uiteengezet, ook niet in alle gebieden van onderzoek gewenst.

Voor het bereiken van optimale doelmatigheid op nationaal niveau is de volgende benadering geïndiceerd. Aan onderzoekinstellingen werkzaam op gebieden van staatszorg wordt voor medefinanciering van overheidswege de eis gesteld dat aan de voorwaarden voor professioneel dienstverlenend onderzoek wordt voldaan. De overheid kan in die hoedanigheid specifieke voorwaarden stellen. Regels dienaangaande zijn bijvoorbeeld in de herziene TNO-wet en de Algemene Maatregel van Bestuur in 1985 reeds in deze geest vastgelegd en naderhand door de staatscommissie 'Wolfsson' voor andere onderzoekinstellingen gepropageerd (rapport 'Rekenschap van creativiteit').

De trend is momenteel dat de financierende overheid zich namens de publieke sector opstelt als een belangenbehartiger van de uiteindelijke klant/gebruiker. De overheid gedraagt zich daarbij als een private klant en stelt overeenkomstige eisen aan de geleverde kennisprodukten. Dit lijkt een redelijke, zo niet de enig mogelijke benadering. Toch blijft een probleem dat de financier van het onderzoek niet zelf de gebruiker van de kennis is, waardoor het 'commitment' beperkt blijft. Een zekere mate van objectivering in de relatie van de onderzoekinstelling tot de overheidsklant is gewenst. Overigens wordt een overeenkomstige objectivering ook steeds meer binnen professioneel dienstverlenende onderzoekorganisaties nagestreefd en wordt de kwaliteitsbeoordeling van het functioneren niet meer alleen aan eigen lijnfunctionarissen overgelaten. De afgelopen jaren is het steeds meer in zwang gekomen om regelmatig het wetenschappelijk functioneren door auditors te doen beoordelen. Uit het oogpunt van Total Quality Management is de management-audit echter zeker zo belangrijk.

Wanneer door objectivering een vertrouwensbasis tussen overheid en onderzoekinstelling kan worden geschapen, is er slechts beperkte behoefte aan fondsenverschaffende instanties om de infrastructuur op orde te houden. Als onderzoekinstellingen op hun strategische plannen en de implementatie ervan worden getoetst, kunnen ongecompliceerde één-op-één verhoudingen tussen de op afstand van de overheid geplaatste instellingen en departementen ontstaan.

De positie van het universitaire onderzoek

Het merendeel van de overheidsinvesteringen in onderzoek is gealloceerd bij de universiteiten. Dientengevolge rijst de vraag of aan deze instellingen eisen van professionele dienstverlening in de sector onderzoek moeten worden gesteld.

Nog afgezien van het feit dat op grond van de overwegend op wetenschappelijke capaciteiten plaatsvindende selectie van medewerkers, een dergelijke eis niet realistisch is, wordt dit ook uit cultureel en maatschappelijk oogpunt niet wenselijk geacht. Binnen het universitaire onderzoek dienen prioriteiten te worden gesteld op grond van persoonlijke topprestaties van onderzoekers, mede met inbreng van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) en de

Koninklijke Academie van Wetenschappen (KNAW). De universiteit is de bakermat voor het fundamentele onderzoek.

Maar in overeenstemming met het advies van McKinsey⁽²⁾ kunnen meer dan in het verleden, vraagstellingen voor fundamenteel onderzoek in de bèta- en de gammasfeer ontleend worden aan 'bottle necks' in het toegepaste onderzoek en minder aan zuiver wetenschappelijke nieuwsgierigheid. Dit zal bij jonge onderzoekers leiden tot een positieve belangstelling voor maatschappelijke toepasbaarheid van hun onderzoek. Het is echter naïef te veronderstellen dat aan deze ombuiging van de universitaire belangstelling een economisch rendement kan worden ontleend. Immers, het fundamenteel kennispotentieel is gemondialiseerd; de Nederlandse universiteiten dragen slechts 0,5 - 1 procent bij aan de opbouw van dit fundamenteel kennispotentieel.

Een nieuwe infrastructuur voor het gezondheidsonderzoek

Deze notitie beperkt zich wat de aanbevelingen betreft tot de kennisinfrastructuur van het gezondheidsonderzoek. Er zijn in Nederland veel adviserende organen die in staat worden gesteld vrijblijvend, zonder resultaat-commitment, visies te geven. Menig inhoudelijk goed advies kreeg geen vervolg in een implementatie. Er is ook een overmaat aan intermediaire fondsenverstrekkende instanties. Private fondsen onttrekken zich terecht aan overheidsinmenging en dienen door de onderzoekinstellingen tegemoet te worden getreden als 'klanten'. Wel questionable is de veelheid van fondsenverstrekkingen die door publieke middelen worden gevoed en die door het ontwikkelen van een eigen beleid de strategie van uitvoerende onderzoekinstellingen kunnen doorkruisen. Deze fondsen ontleen hun bestaansrecht vooral aan het feit dat veel onderzoekinstellingen tot dusver niet in staat zijn gebleken een eigen strategie, in een nationaal kader, te ontwikkelen.

Door projectgewijze beïnvloeding trachten deze fondsen onderzoekinstellingen te bewegen hun aandacht te richten op specifieke sectoren. Er worden in zekere mate prioriteiten mee gesteld, maar niet gelijktijdig en systematisch posterioriteiten mee geïmplementeerd.

De sleutel tot vereenvoudiging van de infrastructuur ligt voor de hand. Beperk de overheidsfinanciering tot die instellingen die in staat zijn een strategie te ontwikkelen en deze daadwerkelijk te implementeren en de

beoordeling van strategieën en implementatie te onderwerpen aan slechts twee adviserende overheidslichamen: de vertegenwoordigers van de wetenschappelijke wereld, bijvoorbeeld KNAW en/of NWO, en de belangenbehartigers uit de maatschappij, bijvoorbeeld AWT. Korte-termijn-projectfinanciering van overheidswege dient deels plaats te maken voor investeringen in programma's. Geïntegreerd management ten aanzien van financiën, personeel en programma moet de waarborg zijn dat overheidsmiddelen op de meest doelmatige wijze worden geïnvesteerd.

Het KNAW/NWO-voorstel voor het ten behoeve van de aansturing van gezondheidsonderzoek oprichten van een nieuwe nationale fondsenverstrekkende organisatie is gegenereerd vanuit academische opvattingen over wetenschapsbeoefening. De NWO-gebiedsraad Medische Wetenschappen vervult deze functie van tweede-geldstroomorganisatie reeds en heeft in dezen een goede reputatie opgebouwd. De vraag rijst dus: waarom wordt er weer een nieuw fonds ingesteld? Fondsenverstrekking is grotendeels typisch projectgericht. En daarmee is NWO of een nieuw in te stellen fondsenverstrekkende instantie niet de aangegeven instantie om een professionele dienstverlenende R&D-organisatie aan te sturen of zelf te managen.

Ter discussie dient te worden gesteld of er behoefte is aan een professioneel dienstverlenende onderzoekorganisatie in de sector gezondheidswetenschappen.

Twee karakteristieken van het gezondheidsonderzoek, respectievelijk medisch onderzoek zijn bij een beschouwing daarover van bijzonder belang:

1. In de medische wetenschap worden fundamentele vraagstellingen in overwegende mate aan praktische ontleend. De klassieke scheiding in fundamenteel en toegepast onderzoek is daardoor weinig relevant. Elke medische faculteit beoefent beide.
2. Er is geen goede private en daardoor geen goede regulerende markt voor gezondheidsonderzoek. Het is een onderwerp van staatszorg en juist daarom is er behoefte aan extra aandacht voor resultaatverantwoordelijkheid voor onderzoekprogramma's.

Bij de evaluatie van de toekomstige behoefte aan een professioneel dienstverlenende onderzoekorganisatie in de gezondheidssector zijn de volgende tendensen relevant:

1. De medische faculteiten streven naar een meer projectmatige aanpak van hun wetenschapsbeoefening. Gezien het karakter van hun werkgebied, een sterke interactie tussen fundamenteel en toegepast onderzoek, is dit toe te juichen.
2. Het ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur ziet gezondheidsonderzoek in den brede als onderwerp van staatszorg niet meer als zijn verantwoordelijkheid.
3. Er is een politiek geïndiceerd beleid om tal van overheidsactiviteiten op afstand te plaatsen. In de gezondheidssector zijn in het bijzonder relevant het RIVM, de Keuringsdiensten van Waren en de Geneeskundige en de Veterinaire Inspectie.

In dit klimaat is juist behoefte aan een professioneel dienstverlenende onderzoekorganisatie, waarbij op voorhand niet mag worden uitgesloten dat bepaalde taken of sectoren van onderzoek binnen bestaande onderzoekorganisaties op termijn aan universitaire instellingen worden overgedragen, zoals in het verleden bij TNO met medische fysica en radiobiologie is gebeurd.

Gerontologie, arteriosclerose en preventieve gezondheidszorg zijn onderwerpen die nog steeds programmatische aansturing verdienen. Buiten TNO geldt hetzelfde bijvoorbeeld voor het kankeronderzoek (NKI).

Aldus kan de infrastructuur voor het gezondheidsonderzoek als volgt worden ingericht:

1. Voor de projectgewijze aansturing (bij universiteiten) wordt de Gebiedsraad Medische Wetenschappen aangewezen, waarbij versterking op het gebied van de gezondheidszorg sector gewenst is.
2. Voor de onderzoekgebieden die geacht worden een programmatische, op de continuïteit van de dienstverlening gerichte aansturing te behoeven, wordt een Professioneel Dienstverlenende Onderzoekorganisatie geformeerd door bundeling van activiteiten van onderscheidene onderzoekinstellingen.

Taakafbakening PDO-Medische Faculteiten

Tot zover het advies van TNO anno 1993. In de context van de verzameling beschouwingen in deze uitgave over de PDO wil ik toch nog wat nader ingaan op taakafbakening tussen onderzoekinstellingen en enkele andere aspecten van de financiering in de gezondheidssector. Het uitgangspunt voor de nationale discussie hierover was de verhoging van de doelmatigheid in het licht van verminderende budgetten voor onderzoek. Deze verhoging is vooral gezocht in de verbetering van de taak- en missie-afbakening van de onderscheidene instellingen op grond van een indeling in fundamenteel, strategisch en toegepast onderzoek. Met enige nadruk wil ik er op wijzen dat mijnerzijds overwegend een andere factor die de doelmatigheid beïnvloedt, is belicht en wel het vermogen van verschillende instellingen om intern de maximale doelmatigheid aan de dag te leggen zoals omschreven in hoofdstuk V. Het is nuttig om te onderkennen dat medische faculteiten (en overigens ook afdelingen van technische universiteiten), gezien hun overwegend praktische instelling, zeer wel geacht mogen worden in staat te zijn zich te ontwikkelen tot onderzoekorganisaties met een overwegend dienstverlenend karakter en daarmee het bestaan van niet-universitaire overbodig te maken. In hoofdstuk II heb ik echter de vraag opgeworpen of zulks uit het oogpunt van algemene wetenschapsbeoefening ook wenselijk is en ik heb daar twijfels over geuit. Het is tevens nuttig om te onderkennen dat, voorzover daar van kan worden gesproken, de 'markt' voor gezondheidsonderzoek, zoals in hoofdstuk III genoemd, overwegend een 'kunstmatige' is, waardoor een bijzondere relatie tussen 'opdrachtgever' en 'contractant' ontstaat, met als grootste opdrachtgever de overheid. Intermediaire fondsenverstrekkende instanties zijn daarbij hulpmiddelen, die echter vooral prioriteiten stellen en slechts indirect (en op termijn) posterioriteiten veroorzaken. Dit is de belangrijkste reden waarom met deze financieringswijze, hoe goed de prioriteiten ook worden gesteld, niet de hoogst mogelijke doelmatigheid kan worden gegarandeerd. Het laten slippen van posterioriteiten, waarbij deze door achterdeuren gefinancierd blijven worden in capaciteitsorganisaties (omdat financieringsbronnen daarin communicerende vaten zijn) is een van de belangrijkste verliesposten, die, zoals uit het TNO-verleden blijkt, hoog kunnen oplopen. Dit is overigens waarschijnlijk ook de reden waarom zulke capaciteitsorganisaties, zo zij dit al zouden kunnen, terughoudend zijn om inzicht

in hun bedrijfsvoering te geven, zoals bij de Brede Analyse is gebleken. Men zou dit als een aanwijzing kunnen opvatten dat de sector nog niet rijp is voor de professionele dienstverlenende aanpak. Maar nogmaals, het is de vraag of die aanpak om de hoogst mogelijke doelmatigheid te bereiken ook werkelijk voor alle onderzoekinstellingen moet worden nagestreefd. Immers, met strategisch onderzoek dat van nature een laag rendement heeft, zet een tien procent doelmatigheidswinst relatief weinig zoden aan de dijk en is het de vraag of de kosten van de bedrijfsvoering die daarvoor nodig is, ook werkelijk worden terugverdiend.

Ik ga impliciet uit van de veronderstelling dat er in ons land geen onderzoek meer van mediocre kwaliteit wordt verricht, of dat zulks op korte termijn niet meer het geval zal zijn. Als de eerste veronderstelling juist is, mag ook worden opgemerkt dat dit dan toch maar met het huidige stelsel, waar veel kritiek op is, werd bereikt (tegen welke kosten is een andere vraag). We hebben of krijgen nu echter te maken met een situatie waarbij keuzen tussen goed en goed onderzoek moeten worden gemaakt op andere gronden dan kwaliteit, omdat botweg het totale volume wordt beperkt. Dit is zondermeer gebleken uit de recente besluitvorming bij het ministerie van WVC. Wat dus dringend nodig is, is een infrastructuur die hiermee kan omgaan. Het schrikbeeld is dat hoe kleiner de beschikbare fondsen voor onderzoek worden, des te meer geld er besteed wordt aan de verdeling en de verwerving van die fondsen. Welke infrastructuur er ook wordt gekozen, deze zal allereerst moeten worden getoetst op zijn efficiëntie om strategische keuzen te maken en om die geïmplementeerd te krijgen. Uit het oogpunt van efficiëntie is het verhaal niet af met het scheppen van een kunstmatige markt voor onderzoek, zoals wordt beoogd met 'Medical Research Councils'. Er is een organisatiegraad nodig die analyses, zoals in de schema's 3, 4 5 in hoofdstuk V beschreven, mogelijk maakt. Maar, zoals eerder impliciet betoogd, wetenschapsbeoefening kan ook kapot worden georganiseerd. Mijns inziens dient een taak- of liever missie-afbakening tussen academische en dienstverlenende onderzoekorganisaties in het medische veld niet in de eerste plaats te worden gemaakt op grond van de indeling fundamenteel versus toegepast onderzoek, doch op een keuze van gebieden waarvoor het nuttig is specifieke bundeling te bewerkstelligen in zogenaamde 'Strategic Research Units' die een specifieke aansturing behoeven. Wáár zo'n SRU's geografisch is ondergebracht, is van minder belang, als het maar een organisatie is die het adequate management kan leveren.

Bij het ter perse gaan van deze uitgave (december 1993) verscheen het vervolgadvis van de gebiedsraad Medische Wetenschappen NWO en de Commissie Geneeskunde van de KNAW over de infrastructuur, 'De vormgeving van het Nederlandse Gezondheidsonderzoek'. Daarin is een aantal stellingen (uitgangspunten) geformuleerd over een te vormen centrale, intermediaire, geld-uitzettende organisatie. De belangrijkste daarvan zijn:

1. Voor een optimale integratie is het noodzakelijk dat deze organisatie onderzoek uitzet bij de best gekwalificeerde onderzoeksgroep, onafhankelijk van diens organisatorische inbedding. Dit leidt tot een optimale besteding van gemeenschapsgelden.
2. Voor een optimaal uitzetten van onderzoekprogramma's is het essentieel dat de nieuwe organisatie geen beheersmatige belangen heeft in relatie tot onderzoekuitvoerende instituten of organisaties.
3. Niet al het onderzoek moet op deze wijze worden aangestuurd.

Vanuit de academische visie zijn deze stellingen zeker te onderschrijven, maar uit het oogpunt van moderne bedrijfsvoering rijzen vraagtekens. De na te streven integratie zal de efficiëntie zeker verhogen op het niveau van de fondsenverstreckende instanties, maar niet zondermeer op de werkvloer. Veel naast elkaar opererende Sinterklazen worden door één vervangen. Maar Sinterklaas beloont (en straft) achteraf en voert geen 'hands-on-management'. Hij heeft daardoor geen greep op de doelmatigheid van de bedrijfsvoering, met name op het stellen van de prioriteiten, die juist uit dit oogpunt zeer belangrijk zijn. Daarmee wordt stelling 2 ondergraven: het is juist de scheiding tussen publieke-fondsen-verschaffende instanties (de kunstmatige markt) en het management die aanleiding geeft tot inefficiënties.

Mijns inziens is het ter verbetering van de doelmatigheid juist wel geboden dat geldverdelers en prioriteitenstellers directe verantwoordelijkheid voor het management dragen en deze ook afleggen. Aldus volg ik met argusogen het ontstaan van een nieuwe Sinterklaasorganisatie, waarin wetenschappelijke onderzoekers zelf bij toerbeurt de rol van goedheiligman en overheidsfunctionarissen die van Zwarte Piet vervullen.

VII. Het fabrieksmodel, simulatiespel

Theoretische beschouwing over het kwantitatief functioneren van het kennisverwerkende bedrijf.

Het resultaat van de doorgerekende modellen leidt samenvattend tot de volgende conclusies:

1. Voor elke geschatte afname aan toepasbare kennis bestaat een optimaal aan te leggen strategische kennisvoorraad. Vertoont de omvang van deze voorraad een afwijking van een factor 2 omhoog of omlaag, dan leidt dit tot een 25 tot 30 procent hogere kostprijs.
2. Uit het oogpunt van een zo hoog mogelijk te bereiken rendement is multiple gebruik van opgebouwde strategische kennis een prerogatief. Een strategische kennisvoorraad die (onder deze conditie) dicht op de markt staat, leidt niet noodzakelijkerwijs tot een beter rendement dan een die verder van de markt staat. Integendeel, bij toenemend multiple gebruik van de kennis, is een grotere afstand van de markt noodzakelijk om een optimaal rendement te realiseren.

Ten behoeve van de lezer die de theoretische beschouwing in dit hoofdstuk aan de hand van een allegorisch model niet geheel wenst door te werken, is in het bovenstaande de conclusie samengevat.

De functie van beeldspraak en schema's

Beeldspraak waarbij een relatief onbekende situatie met een algemeen bekende wordt vergeleken, dient het verduidelijken van de eerste. In dit licht moet de beeldspraak van de 'akker' worden gezien zoals die is gebruikt in hoofdstuk II.

Schema's zijn behulpzaam om gecompliceerde situaties te doorgronden. Dit was de functie van het in hoofdstuk IV e.v. gebruikte conceptuele model. In deze klasse valt ook wat ik pleeg te noemen het 'Belgisch schaakbord' van de organisatieadviseur die op een beperkt aantal velden gecompliceerde situaties probeert weer te geven. Schema's 4 en 5 in hoofdstuk V zijn daarvan voorbeelden.

In aansluiting op de laatste paragraaf van dit hoofdstuk, waarin het research-management in de PDO ter sprake kwam, heb ik gedacht aan de introductie van een vergelijking van research-management met dressuurrijden. Men spreekt immers wat betreft de plaats waar deze paardesport wordt beoefend, van de 'manege'. Dit uitwerkend blijkt dat research-management zeer veel gemeenschappelijks heeft met genoemde edele sport. Termen als resultaatverantwoordelijkheid, enerzijds belonings- en bestraffings dressuur, aan de teugel houden anderzijds, zijn wederzijds goed te vertalen. De vergelijking heeft echter geen effect voor een beter begrip van research-management als men niet op de hoogte is van de beginselen van de paardesport. Overwegend dat slechts een beperkt deel van de lezers dit genot zal delen, heb ik van een uitputtende vergelijking afgezien. Maar één wil ik toch maken, en wel ten aanzien van de toeschouwer bij beide 'sporten'. De toeschouwer bij een dressuurwedstrijd kan de interactie tussen ruiter en paard slechts op juiste wijze waarderen als hij zelf bekend is met de te gebruiken aansturingsinstrumenten en deze heeft geoefend. Bij de leek op paardegebied bestaan hierover veel misverstanden. Als voorbeeld kan worden genoemd de veronderstelling dat het paard links of rechts af gaat door een ruk(je) aan de betreffende teugel, terwijl de geoefende ruiter alle bewegingen zelfs geheel zonder leidsels kan uitvoeren door (vrijwel onzichtbaar) uitsluitend zijn gewicht te verplaatsen. De beste ruiter (in de Z-klasse) is die, van wie de leek in het geheel niet opmerkt hoe het paard onder controle wordt gehouden. Deze ervaring heeft mij ertoe gebracht deze vergelijking te maken, alsmede die van de zelfoverschatting die elke beginnende ruiter aan de dag legt: hij denkt de kunst al aardig meester te zijn na het tien lessen op het paard te hebben volgehouden, terwijl hij nog vele malen in het zand zal moeten bijten alvorens echt te mogen meepraten.

Ik heb het niet tot Z-ruiter gebracht en ben ergens tussen het B- en L-diploma blijven steken. Maar ik meen niettemin genoeg onderscheidingsvermogen te hebben ontwikkeld om het gebeuren in de manege te waarderen en mag met het ruiterbewijs, een soort paarderijbewijs, op de openbare weg te paard verschijnen.

Wie op de tribune van de research-manege hebben de 'papieren' om in een jury zitting te nemen?

Na twee jaar ervaring daarmee durf ik zeggen: Arthur D. Little. Maar naar mijn 'ruitersoordeel' slechts zeer weinig andere organisatie-

adviseurs. Wie adviseert over de 'onderzoekmarkt' en kennisoverdracht zonder bijvoorbeeld onderlinge concurrentie en intellectueel eigendom in aanmerking te nemen, propageert de paarden zwaar en uitsluitend op het bit te laten rijden, en legt onvoldoende begrip voor de gevoeligheid van het tandeloze deel in de paardemonst aan de dag.

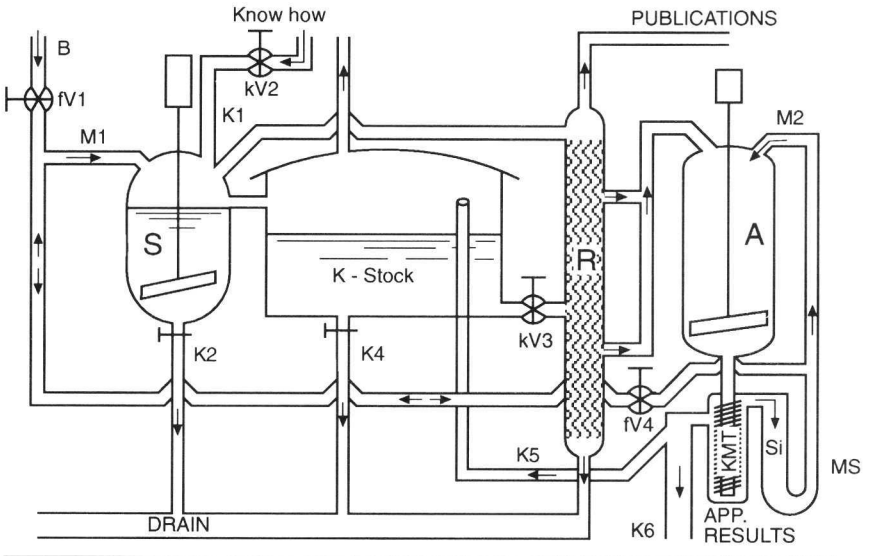
Tijdens rijlessen - moedeloos geworden omdat ik geen kans zag bij gecompliceerde manoeuvres met uitsluitend de verdeling van het gewicht het rijdier aan te sturen - heb ik ook wel eens gedacht: kan het nog niet heel anders worden geregeld? Bijvoorbeeld door sensoren op het paardelichaam aan te brengen, alsmede elektrische prikkels overbrengende doosjes, met daaraan gekoppeld een sturingscomputer, waarmee - eventueel zelfs draadloos vanaf de tribune - de paardebewegingen automatisch kunnen worden beïnvloed. Een schrikbeeld voor de ruiter. Maar men kan zich niet aan de indruk onttrekken dat dit het ideale beeld is dat organisatieadviseurs en politici ontwikkelen over de wijze waarop de deelnemers in de research-manage het best kunnen worden aangestuurd.

Maar wie schrijft het computerprogramma? Daar is toch enig gevoel voor de paardemonst, kennis van het gebruik van de sporen en het zweepje voor nodig? Hoe pak je een op hol geslagen paard aan? Of een paard dat niet in beweging is te krijgen?

Ik heb een poging gedaan zo'n computerprogramma te schrijven, maar verloor al snel de illusie dat het voor werkelijke *aansturing* bruikbaar te maken zou zijn. Het resultaat was niet meer dan een 'virtual reality', een soort simulatiespel. Daarvoor heb ik, om eerder genoemde reden, niet het beeld van de ruiter te paard gebruikt, maar dat van een chemische fabriek, in de verwachting dat dit de mensen die meepraten over technologische ontwikkeling en economisch nut, meer zou aanspreken.

Dit model leidt niet tot een aansturingsmechanisme, omdat het aantal kranen dat in het kennisbedrijf werkelijk bediend kan worden, beperkt is. Er is er eigenlijk maar één die de investering in strategisch onderzoek regelt: de geldkraan. Deze slecht te reguleren fabriek slaat makkelijk op hol of gaat onverwacht stil liggen (omdat de afname uit de markt niet aan de oorspronkelijke marktverwachting voldoet). Wel kan met het model in retrospect worden geanalyseerd waarom er in het bedrijf iets kan misgaan. Cruciaal zijn de berekening van de marktprijs

op grond van de relatie tussen kostprijs en omzet (het multiple gebruik van kennis) en de gewenste afstand van de kennisvoorraad tot de markt.



Schema 6

Allegorische voorstelling van het kennisbedrijf als chemische fabriek.

K1 = kennisstroom van buiten (open literatuur)

K2 = bijprodukt van strategisch onderzoek dat niet tot de opbouw van de strategische kennisportfolio van het bedrijf bijdraagt.

K3 = strategische kennis waarmee de portfolio wordt opgebouwd

K4 = autonome uitstroom van strategische kennis uit de voorraad

K5 = strategische kennis die door hoogwaardig toegepast onderzoek wordt gegenereerd

K6 = verkoopbare, toegepaste kennis

MS = geldopbrengst van K6 uit de markt

M1 = investering in strategisch onderzoek

M2 = de kosten van toegepast onderzoek

B = bij instroom: subsidie

B = bij uitstroom: opbrengst

fv1 = afsluiter die bij influx van B de subsidie regelt

kv2 = afsluiter die de kennisaanvoer van buiten regelt

kv3 = afsluiter die de kennis selecteert uit het kennisreservoir voor het daarop te baseren toegepaste onderzoek

fv4 = verbindingskraan tussen geldstroom B en MS

De kennisfabriek

Het visuele model bestaat uit een reactorvat (S) waarin het halffabrikaat strategische kennis wordt geproduceerd (met geldstroom M1). De kennis wordt opgeslagen in een tank (K-stock = KS). De destillatiekolom R fractioneert hieruit de halffabrikaten die nodig zijn om het reactorvat dat toegepaste kennis produceert (A), te voeden (met behulp van geldstroom M2). Geproduceerd wordt toepasbare en verkoopbare kennis K6, waarmee in een soort warmtewisselaar KMT, geld MS (money from sale) wordt gevormd.

De vergelijking van dit fabrieksschema met het conceptuele model in hoofdstuk IV maakt de andere kennisstromen duidelijk. In het fabrieksmodel kunnen kennisstromen als stofstromen en geldstromen als energiestromen worden gezien. We kunnen, om enig inzicht te krijgen in de werking van de fabriek, net als de ingenieur proberen daarvoor materiaal- en energiebalansen op te stellen. (Ten minste is $MS+B=M1+M2$)

Als alle mogelijke kennisstromen in aanmerking worden genomen, is een groot aantal aannamen over hun gedrag nodig, aannamen waarvan de realiteitszin moeilijk is te testen. Bovendien leidt de volledige beschouwing van alle stromen in de fabriek tot ingewikkelde formules, differentiaalvergelijkingen en moeilijk oplosbare integralen waarvan de zin op grond van het voorgaande twijfelachtig is.

Daarom is in eerste aanleg uitgegaan van verder vereenvoudigde modellen, die echter wel de essentialia bevatten.

Uitgangspunten

De belangrijkste uitgangspunten bij alle modellen zijn:

- 1 Toegepast onderzoek kan slechts worden verricht op basis van een strategische kennisvoorraad.
- 2 Het strategisch onderzoek waarmee deze kennisvoorraad wordt opgebouwd, is hoogst inefficiënt (zie hoofdstuk IV). Het rendement is relatief laag ten aanzien van de kennisprodukten die uiteindelijk van belang blijken te zijn voor het bewerken van de markt.
- 3 Het toegepast onderzoek wordt met relatief hoog rendement verricht (zo niet, dan wordt er niet aan begonnen).

- 4 Een afnemer van toegepast onderzoek is niet zondermeer bereid het volle pond te betalen voor het onderbouwende strategisch onderzoek.
- 5 Niettemin moet het kennisbedrijf 'money for value' zien te krijgen.

Schone ideeën over een nationaal technologiebeleid, verbetering kennis-overdacht en dergelijke, worden in dit hoofdstuk (even) naar de achtergrond gedrongen. Aan de orde is: hoe wordt het kennisbedrijf zelf zo goed mogelijk rendabel gemaakt, waarbij, zoals reeds gezegd, vooral gekeken wordt naar de relatie tussen kostprijs, kwaliteit en kwantiteit van de strategische kennisvoorraad. We gaan dus op zoek naar optima.

Model I (het eenvoudigste): het effect van meervoudig gebruik van strategische kennis

Met geldstroom M1 wordt kennis K3 gegenereerd, die in de strategische kennisvoorraad KS wordt opgenomen.

Met geldstroom M2 wordt toepasbare en verkoopbare kennis K6 gegenereerd, die een inkomen MS (money from sales) oplevert.

We kunnen dus stellen:

$$MS = M1 + M2 + B \quad (1)$$

waarin B de 'winst' die wordt gemaakt.

Vergelijking (1) kunnen we ook anders schrijven, door de factor RI, 'return on investment' te gebruiken:

$$RI = B / (M1 + M2) \quad (2)$$

Vervangen we B in (1) dan krijgen we

$$MS = (M1 + M2) \cdot (1 + RI) \quad (3)$$

RI kan (gelijk B) ook een negatieve waarde aannemen; er is dan sprake van een verliessituatie; of van de situatie waarbij een subsidiestroom wordt toegevoerd.

RI heeft minimaal de waarde -1. Het kennisbedrijf wordt dan voor honderd procent gesubsidieerd; de kennisprodukten worden gratis ter beschikking gesteld: MS=0.

RI=-0.8 en RI=-0.3 corresponderen met resp. tachtig en dertig procent subsidie.

$RI=0$ is het zogeheten 'break even point'. De opbrengst uit de markt MS is gelijk aan de som van de investeringen $M1$ en $M2$.

$RI=-0,1$ en $RI=+0,1$ corresponderen resp. met tien procent verlies (of subsidie) en tien procent winst op de omzet $M1+M2$.

We veronderstellen voorts dat strategische kennis $K3$ en toepasbare kennis $K6$ worden geproduceerd door de omzetting van geld volgens een nulde-orde reactie:

$$K3=KS=E1.M1 \quad (4)$$

$$K6=E2.M2 \quad (5)$$

waarin $E1$ en $E2$ efficiëntie-factoren.

We veronderstellen dat $E1$ ongeveer een factor 10 lager ligt dan $E2$. Dit is de essentie van het model en de vraagstelling die we daar aan ophangen: hoe maken we het productieproces rendabel waarbij uitsluitend betaling geleverd wordt voor $K6$, terwijl deze $K6$ -productie slechts mogelijk is op basis van een zeer onrendabel productieproces voor KS ?

In het vervolg gebruiken we niet de efficiëntie-constanten $E1$ en $E2$ maar hun reciproke waarden $C1=1/E1$ en $C2=1/E2$: $M1=C1.KS$ (4a)

$$M2=C2.K6 \quad (4b)$$

waarin $C1$ en $C2$ dus de kostprijs resp. $M1/KS$, $M2/K6$ per geproduceerde kenniseenheid. [$C1>C2$]

De kenniseenheden worden hiermee uitdrukt in termen van geldequivalenten (aangezien we hiervoor geen andere maat hebben). Omdat uitsluitend de relatieve waarden van $C1$ en $C2$ van belang zijn, kunnen we $C1=1$ stellen. $C2$ krijgt dan een waarde <1 , minimaal $- > 0$.

Tenslotte stellen we vast dat ook de opbrengst MS (uitsluitend) aan $K6$ is gerelateerd:

$$MS=C6.K6 \quad (5)$$

waarin $C6$ de marktprijs per afgeleverde kenniseenheid $K6$.

We kunnen nu de geldbalans (vergelijking (3)) herschrijven als een kennisbalans:

$$C6.K6=(C1.KS+C2.K6).(1+RI) \quad (6)$$

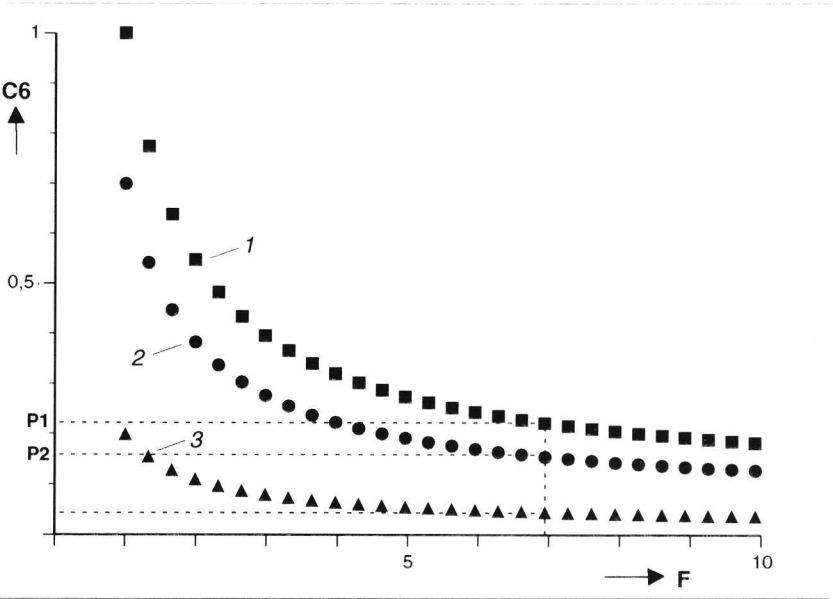
We voeren vervolgens de factor $F=K6/KS$ in, een factor die aangeeft hoeveel maal meer K6 dan KS wordt geproduceerd. F ingevuld in (6) levert:

$$C6=(C1+C2.F).(1+RI)/F \tag{7}$$

De prijs C6 daalt asymptotisch met F.

In figuur 1 is dit grafisch weergegeven. De berekende C6 (yas) is hierin uitgezet tegen F (x-as) onder de in het onderschrift vermelde condities.

In deze en volgende figuren is de prijs C6 aangegeven als een fractie van de maximale waarde die werd berekend. Bij $F=10$ daalt deze dus tot ongeveer twintig procent van de maximale waarde (een factor 5 minder).



Figuur 1
Verloop van de prijs per afgeleverde kenniseenheid C6 met het multiple gebruik F van de strategische kennisvoorraad [volgens formule (7); C1 = 1, C2 = 0,1]. Curven 1, 2 en 3 met resp. RI = 0 (geen subsidie), RI = -0,3 (30% subsidie) en RI = -0,8 (80% subsidie). Voor p1 en p2 zie tekst.

Bij het vaststellen van de verkoopprijs is het van belang dat van te voren een inschatting wordt gemaakt hoeveel maal van de strategische kennis-

voorraad gebruik zal kunnen worden gemaakt, waarbij uiteraard, uit concurrentie-overwegingen, zo goedkoop mogelijk zal moeten worden aangeboden. Mathematisch wordt de minimumprijs bereikt bij F is oneindig. Dit is uiteraard geen praktische prijs. Er zal een iets hogere prijs moeten worden berekend. Uit het oogpunt van het te lopen risico indien minder dan het ingeschatte multiple gebruik zou worden gemaakt, voeren we de factor F_i in, die is gedefinieerd als dat multiple gebruik waarbij de prijs minder dan een bepaald percentage nog daalt. Dat percentage is een maat voor het te lopen risico als een keer minder dan oorspronkelijk ingeschat van de strategische kennisvoorraad gebruik wordt gemaakt.

Deze F_i is ook een soort 'break even point'. Als bij de K6- productie met de tijd dit punt wordt bereikt, zijn kosten en baten (bij het vooropgestelde rendement of gegeven subsidiepercentage) in evenwicht. In figuur 1 is een F_i berekend waarbij de prijs niet meer dan tien procent verandert. Wordt een keer minder geproduceerd en verkocht, wordt tien procent 'verlies' geleden; wordt een keer meer verkocht wordt tien procent meer verdiend. Het is evident dat bij lagere F_i 's het risico navenant groter wordt. Bij $F_i=2$ in lijn 1 ($RI=0$) wordt bij een keer minder gebruik meer dan veertig procent op de verkoopprijs verloren.

Vergelijken we vervolgens de curven voor (vooropgezet) rendement $RI=0$ en voor resp. dertig en tachtig procent subsidie, dan is zondermeer duidelijk dat in de laatste twee gevallen de te berekenen prijs navenant lager is. Merk echter op dat het 'break even point' F_i (gedefinieerd bij tien procent risico op een keer minder gebruik) in alle gevallen dezelfde waarde heeft (in dit voorbeeld 7). In een voor tachtig procent gesubsidieerde instelling is de absolute waarde van de te berekenen prijs navenant lager, maar deze zal bij zevenmalig gebruik van de strategische kennisvoorraad met dezelfde factor 5 verder dalen als in de niet gesubsidieerde instelling.

De filosofie van het multiple gebruik maken van de kennisvoorraad om een zo laag mogelijke prijs te bereiken is dus net zo goed van toepassing op de gesubsidieerde instelling als op de niet gesubsidieerde. Maar nogmaals, de absolute waarde van de prijs is uiteraard veel lager in de eerste dan in de tweede. En bovendien loopt de tweede in absolute zin meer risico dan de eerste bij laag multiple gebruik (F), gezien de helling van de curven.

Toch kan de niet-gesubsidieerde instelling qua prijs tot op zekere hoogte wel met de gesubsidieerde concurreren, mits de eerste een veel groter meervoudig gebruik van de kennisvoorraad maakt dan de tweede. Dat kan het geval zijn indien men een groter marktgebied bestrijkt en/of effectiever in de verkoop is.

Veronderstel voor de prijs P_1 . In de niet-gesubsidieerde instelling wordt het 'break-even point' bereikt bij $F=7$ in de voor dertig procent gesubsidieerde instelling bij $F=4$.

Concurrentie tussen de niet-gesubsidieerde instelling en de voor tachtig procent gesubsidieerde is niet mogelijk, omdat de laatste met zijn prijs, zelfs bij eenmalig gebruik, altijd beneden P_1 blijft. Maar onderling kunnen de dertig procent en tachtig procent gesubsidieerde nog wel de concurrentie aangaan. Bij prijs P_2 is voor de dertig procent gesubsidieerde het 'break even point' bij $F=7$ en voor de tachtig procent gesubsidieerde bij $F=1,25$.

Uit het voorgaande kunnen de volgende algemene conclusies worden samengevat:

- a. Voor de prijsvorming van het uiteindelijk produkt K_6 (toepasbare kennis) is het multiple gebruik van de strategische kennisvoorraad altijd nuttig.
- b. Het risico dat moet worden genomen bij laag multiple gebruik is veel hoger dan bij hoog multiple gebruik.
- c. De minder- of niet-gesubsidieerde instelling kan met de meer gesubsidieerde instelling concurreren qua prijs, op basis van een groter meervoudig gebruik van de kennisvoorraad. Met andere woorden, de eerste moeten een bredere markt bestrijken dan de tweede.

Model II: het effect van kwaliteit en kwantiteit van de kennisvoorraad

De afnemer van toepasbare kennis moet het meervoudig gebruik van de strategische kennis uiteraard wel toestaan. In hoofdstuk V is reeds betoogd dat deze bereidheid zal toenemen indien de strategische kennisvoorraad verder van de markt staat. De vraag rijst dan in hoeverre de produktie van toepasbare kennis ongunstig wordt beïnvloed door de grotere afstand van de strategische kennisvoorraad tot de markt en de

vraag of dit eventueel door de omvang van de kennisvoorraad kan worden gecompenseerd.

In model II gaan we er echter allereerst vanuit dat de strategische kennisvoorraad *niet* als gevolg van de afstand tot de markt wegvloeit en we bezien onder deze conditie in hoeverre de kostprijs van verkoopbare kennis K6 afhankelijk is van de afstand van KS tot de markt.

We gaan er daarbij vanuit dat de prijs-constante C2 in formule (6) *afhankelijk* is van die afstand. Ter vereenvoudiging stellen we constante C1=1, waarmee we (strategische) kennis'eenheden' equivalent stellen aan geldeenheden. Voorts laten we ter vereenvoudiging het te maken rendement buiten beschouwing en bezien we het functioneren van de fabriek uitsluitend in termen van kostprijzen.

We verfijnen de beschouwing ten aanzien van model I echter door een meer dynamische benadering van het produktiebedrijf. We doen dit door niet uit te gaan van absolute waarden voor geproduceerde strategische en toepasbare kennis, doch in plaats daarvan van snelheden van produktie.

We roepen, om een goed beeld te krijgen van de hierna gevolgde gedachtengang de voorstelling in herinnering van de fabriek met twee reactorvaten. De 'stoffen' die in beide worden geproduceerd, zijn niet gelijkwaardig. In het eerste vat wordt geen verkoopbare kennis geproduceerd, maar *katalysatoren* die in het tweede vat de produktie van de af te leveren produkten mogelijk maakt. In het eerste vat worden technologieën ontwikkeld, die in het tweede vat worden gebruikt, en wel meervoudig.

Als we een vergelijking maken met het gebeuren in de levende cel, kunnen we stellen: het eerste vat produceert *enzymen* en het tweede vat de metabolieten van die enzymen die naar buiten worden afgeleverd. Bij de theorie-ontwikkeling over het functioneren van de kennisfabriek heeft dit beeld van de enzymatische omzetting een grote rol gespeeld. De gekwantificeerde theorie over de enzymatische omzetting is in het begin van deze eeuw door Michaelis en Menten ontwikkeld en behoort thans tot de eerste-jaars leerstof in de biochemie.⁽¹³⁾

De enzymatische omzettingssnelheid wordt in principe bepaald door drie grootheden: de concentratie van het om te zetten substraat en de aard van het substraat in relatie tot de specificiteit van het enzym, wat

in twee getallen kan worden uitgedrukt: de maximale omzettingssnelheid $V_{\max}$ per enzymeenheid en de Michaelis-constante K_M , die een maat is voor de affiniteit van het enzym voor een bepaald substraat. De totale maximale omzetting wordt uiteraard bepaald door de totale hoeveelheid enzym die in de cel of de reageerbuis aanwezig is. In ons model correspondeert die totale hoeveelheid met de strategische kennisvoorraad K_S . En het substraat komt overeen met de hoeveelheid geld die in (verkoopbare) kennis wordt omgezet. (M_2 , snelheid $m_2 = dM_2/dt$). Vergelijking (4b) herschrijven we als volgt:

$$m_2 = C_2 \cdot k_6 \quad (8)$$

waarin k_6 de kennisproductie snelheid $k_6 = dK_6/dt$.

De constante C_2 correspondeert in dit model met de eerder genoemde enzymgrootheden $V_{\max}$ en K_M . Deze laatste immers bepalen de specificiteit van het enzym, dat wil zeggen de kwaliteit van het enzym om iets met een bepaalde snelheid te produceren. Hier veronderstellen we dat het enzym K_S in de kennisfabriek functioneert afhankelijk van een grootheid p die we als maat invoeren voor de 'afstand' van de kennisvoorraad tot de markt ($p=1$ bij volledige aansluiting op de markt; $p=0$ bij gemis aan elke aansluiting).

Per K_S -eenheid definiëren we C_2 als

$$C_2 = C_2M \cdot (1-p)/p \quad (9)$$

waarin C_2M een constante, te weten de waarde voor C_2 als $p=0,5$. Deze vergelijking drukt uit dat de hoeveelheid geld die nodig is (zie vergelijking 8) als $p=0$, oneindig groot is (de kennisvoorraad heeft geen enkele relatie tot de markt) en tot 0 nadert als $p=1$, er is sprake van perfecte aansluiting (zonder inspanning kan de kennis van de plank worden gepakt). Deze constante C_2 is een prijs per beschikbare K_S -eenheid. We nemen hier aan dat de produktiesnelheid in de fabriek mede wordt bepaald door de totaal aanwezige K_S waarmee de markt wordt bestreken. We veronderstellen dat m_2 naar oneindig gaat als $K_S=0$ een eenheid K_M aanneemt als $K_S=1$ en asymptotisch blijft dalen bij toenemende K_S . C_2 moet vermenigvuldigd worden met een factor K_M/K_S en als we beide constanten C_2M en K_M verenigen tot één, te weten K_C , krijgt (8) gecombineerd met (9) de vorm:

$$m_2 = ((1-p)/p) \cdot (K_C/K_S) \cdot k_6 \quad (10)$$

Draaien we de vergelijking om

$$k_6 = (p/(1-p)) \cdot (K_S/K_C) \cdot m_2$$

dan staat hier dat de produktiesnelheid recht evenredig is met de snelheid waarmee geld wordt aangevoerd (m_2) en met de hoeveelheid beschikbare strategische kennis (KS), maar wordt gelimiteerd door de grootheden p en KC. Bij $p=0$ wordt de snelheid 0 bij $p=1$ oneindig groot, mits tenminste KS aanwezig is.

Enzymologen zullen in deze formulering een bepaalde schrijfwijze herkennen van de Michaelis-Menten-vergelijking voor een enzymatische omzetting⁽¹³⁾. KC is een soort systeemconstante, vergelijkbaar met de Michaelis-constante uit de enzymologie. Om redenen die in de laatste paragraaf van dit hoofdstuk aan de orde komen, heb ik de systeemconstante van het kennisbedrijf de 'Colon'-constante gedoopt.

De analogie tussen de kennisfabriek en een zak vol enzymen (wat een levende cel in feite is) gaat verder. Het kost de cel relatief veel energie om enzym (dat is eiwit) te maken. De enzymatische omzetting zelf kost relatief weinig energie (daarom namen we eerder aan $C_2 < C_1$). Eén enkel enzym, mits passend bij het substraat, kan veel omzetten, zodat de productie toch een goede efficiëntie kan bereiken. De kunst is om de juiste enzymesamenstelling te maken. Om de eerste levende cel te produceren heeft de natuur minstens een miljard jaar evolutie nodig gehad. En we zijn nog steeds niet in staat om dit proces in de reageerbuis na te bootsen. We zullen ons niet verder verliezen in filosofische beschouwingen waarom het zo moeilijk is om ook in het kennisbedrijf een hoge efficiëntie te bereiken, maar één vergelijking met het enzymatisch proces is nog relevant. Het enzym denatureert spontaan en verliest daarbij zijn werking, zoals de strategische kennisvoorraad onderhevig is aan veroudering. Op deze slijtage komen we in de volgende paragraaf terug.

We gaan hier eerst nader in op de productie zonder slijtage.

De hoeveelheid geld die moet worden geïnvesteerd om over een bepaald tijdvak toepasbare kennishoeveelheid K_6 te produceren, vinden we door integratie van vergelijking (10)

$$M_{t_2} - M_{t_1} = ((1-p)/p) \cdot (KC/KS) \cdot k_6(t_2 - t_1) \\ = ((1-p)/p) \cdot (KC/KS) \cdot K_6 \quad (11)$$

waarin K_6 de totale hoeveelheid kennis geproduceerd over tijdvak $(t_2 - t_1)$.

In deze vergelijking is M_{t_1} de investering die eerder is gedaan in de vorming van de strategische kennisvoorraad met omvang KS. We stellen

deze met constante $C1=1$ op grond van vergelijking (4a) gelijk aan KS. Aldus zijn de totale kosten $M=M_{12}$ voor de produktie van K6:

$$M = KS + ((1-p)/p) \cdot (KC/KS) \cdot K6 \quad (12)$$

vorm: A B

Als we de kosten per kenniseenheid $C6=M/K6$ berekenen met multiple-gebruiks-factor $F=K6/KS$, zijn we in wezen terug bij vergelijking (7) (met $C1=1$ en $RI=0$):

$$M/K6 = C6 = (1/F) + ((1-p)/p) \cdot KC \cdot F \quad (13)$$

Vergelijking (13) is een verfijning van vergelijking (7), waarin constante $C2$ is vervangen door $((1-p)/p) \cdot KC$

Vergelijking (12) is opgebouwd uit twee vormen A en B. Bij stijgende KS stijgt kostenfactor A lineair, maar daalt B asymptotisch. Er mag dus een optimum KS worden verwacht, dat we vinden door M naar KS te differentiëren:

$$dM/dKS = 1 - ((1-p)/p) \cdot KC \cdot K6 \cdot (1/KS^2) \quad (14)$$

waaruit volgt dat voor $dM/dKS=0$, het optimum, geldt:

$$KS^2 = ((1-p)/p) \cdot KC \cdot K6 \quad (15)$$

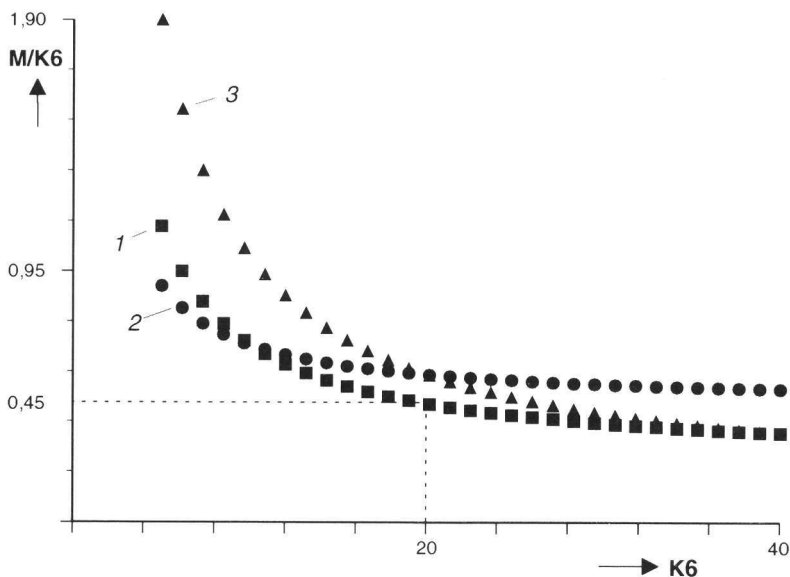
De minimale kosten vinden we door (15) in (12) of (13) in te vullen:

$$M_{\min} = 2 \cdot ((1-p)/p) \cdot KC \cdot K6^{0.5} \quad (16)$$

Vergelijking (15) zegt dat als we met minimale kosten een zekere kennisproduktie K6 willen bereiken, daarvoor een specifieke kennisvoorraad KS nodig is. Zowel bij meer als bij minder KS dan optimaal zullen de kosten hoger zijn.

In figuur 2 is aangegeven het verloop van de kostprijs per kenniseenheid met de kennisproduktie K6, waarbij voor de gekozen produktie $K6=20$ met (15) een optimale KS $KS_{\text{opt}}=4,47$ werd berekend. Uiteraard zien we hier weer het asymptotisch verloop van figuur 1 terug, omdat bij toenemende K6 produktie, ook na het bereiken van de waarde $K6=20$, de prijs zal blijven dalen wegens het effect van de multiple-gebruiks-factor $K6/KS$.

In figuur 3 is het verloop van de kostprijs (voor $K6=20$) met de hoeveelheid KS uitgezet (op een schaal lopende van $0,25 \times KS_{\text{opt}}$ tot $4 \times KS_{\text{opt}}$ (curve (1)) waarbij het optimum zichtbaar wordt.

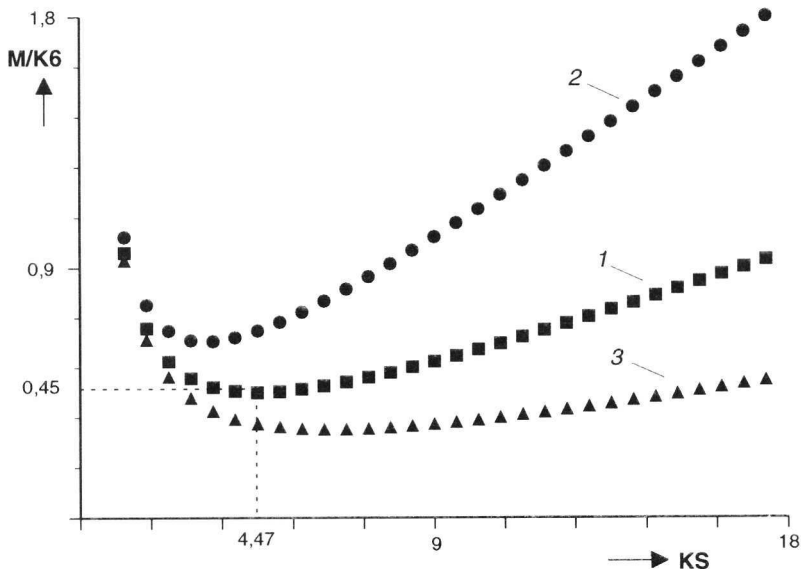


Figuur 2

Verloop van de kostprijs per eenheid $M/K6$ met de afgeleverde kennis $K6$ bij drie gekozen waarden voor KS [volgens formule (12); $KC = 1$, p (marktafstand) = 0,5]. Curve 1 voor de berekende optimale waarde bij $K6 = 20$ voor $KS_{opt} = 4,47$ [berekend volgens formule (15)]. Curve 2 bij $KS = 0,5 \times KS_{opt}$, curve 3 bij $KS = 2KS_{opt}$.

Zoals was te verwachten verschuift het optimum bij lagere en respectievelijk hogere $K6$ naar resp. lagere en hogere KS . Merk op dat als een berekende KS_{opt} is gebruikt, behorende bij de omzet $K6=20$, indien de omzet $K6$ de helft minder is (curve (2) $K6=10$) de kostprijs ongeveer dertig procent toeneemt. Bij hogere omzet $K6$ (curve (3) $K6=40$) is de kostprijs lager; maar deze zou nog lager liggen, indien de optimale KS_{opt} die bij $K6=40$ hoort, was gekozen.

Bij hogere omzet $K6$ lopen de curves vlakker, wat nogmaals stipuleert dat bij hogere omzet ook het te lopen risico bij variatie in de omzet, afneemt. Maar merk ook op dat bij een viervoudige afwijking van KS van het optimum, drastische kostprijsverhogingen optreden.



Figuur 3

Verloop van de kostprijs per eenheid $M/K6$ met de omvang van de kennisvoorraad KS [volgens formule (12); $KC = 1$; p (marktafstand) $= 0,5$]. Curve 1 voor de berekende optimale waarde ($KS_{opt} = 4,47$) voor $K6 = 20$. Curve 2 voor $K6 = 10$, curve 3 voor $K6 = 40$.

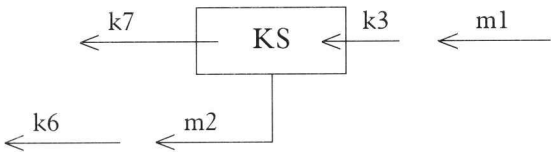
Bezien we echter nogmaals figuur 2, het verloop van de kostprijs met $K6$ (voor drie gefixeerde waarden van KS), dan valt op dat bij een te laag gekozen KS (curve 2) bij (te) lage $K6$ de prijs wel lager is dan bij de optimale KS (gekozen voor $K6=50$), maar dat naderhand (bij hoge $K6$) de prijs ongeveer dertig procent te hoog blijft.

In de praktijk van het kennisbedrijf vangt men dit op door niet in het wilde weg eerst een grote strategische kennisvoorraad op te bouwen om daarna te proberen alsnog toegepast onderzoek te gaan verkopen dat op die voorraad is gebaseerd. Men probeert daarentegen ook in het verloop van de tijd de kennisvoorraad aan te passen aan blijkend marktpotentieel.

In de hierboven uitgevoerde berekeningen met formules (15) en (16) werd een waarde $p=0,5$ gebruikt. Het zal uit formule (16) duidelijk zijn dat bij een gefixeerde K_6 en K_S , de minimumprijs met stijgende p blijft dalen (en theoretisch zelfs tot 0). Tussen $p=0,1$ (K_S ver van de markt) en $p=0,9$ (K_S dicht op de markt) daalt de prijs in het model een factor 81! Op het eerste gezicht lijkt dit te leiden tot een pleidooi om toch vooral de strategische kennisvoorraad zo dicht mogelijk bij de markt aan te leggen. We hebben dan wel een factor van belang over het hoofd gezien.

Model III: de afstand van de kennisvoorraad tot de markt

We stuiten namelijk op de ervaring dat de klant die ziet dat de voor hem geproduceerde toepasbare kennis is gebaseerd op strategische kennis die dicht bij de markt staat, het multiple gebruik daarvan niet waardeert en toestaat. In de 'steady state' van het kennisbedrijf zal die fractie strategische kennis moeten worden aangevuld. Dit leidt tot het volgende, meer dynamische, model:

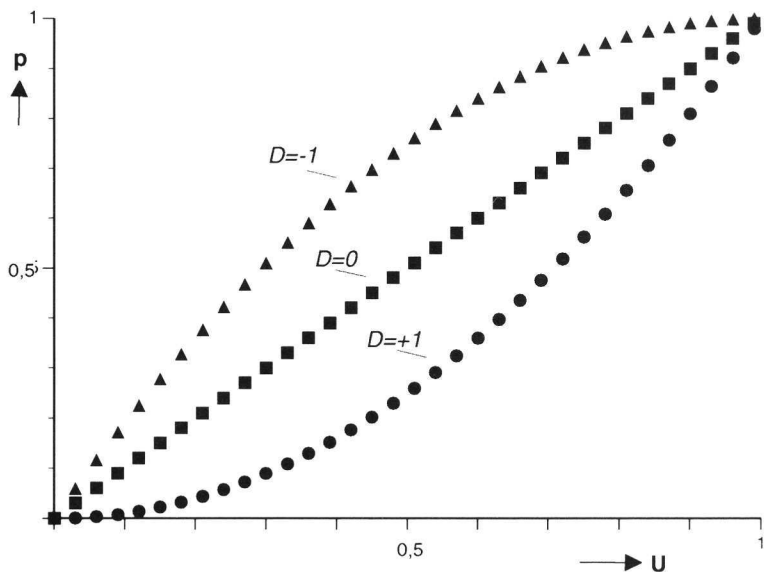


Schema 7

Met een geldstroom m_1 (per tijdseenheid) wordt een kennisstroom k_3 gegenereerd waarmee de strategische kennisvoorraad K_S wordt opgebouwd. Op basis van deze voorraad wordt met geldstroom m_2 een toegepaste kennisstroom k_6 (per tijdseenheid) gegenereerd, die op de markt wordt gebracht. Verondersteld wordt dat, afhankelijk van de 'afstand' van dit potentieel van de markt en afhankelijk van de produktie k_6 , ook kennis uit het reservoir K_S vloeit met een snelheid k_7 . Deze wordt als het ware (onbetaald) meegeleverd met k_6 .

We stellen: $k_7=U.k_6$ (17)

waarin U afhankelijk is van p . In de hierna volgende weergegeven berekeningen is, ter vereenvoudiging van de beschouwing U recht evenredig met p gesteld ($U=0$ bij $p=0$ $U=1$ bij $p=1$). In het computermodel van de kennisfabriek is ook een meer gecompliceerde relatie tussen U en p beschouwd, namelijk dat deze afhankelijkheid een zekere hysteresis met de rechte lijn vertoont zoals weergegeven in figuur 4.



Figuur 4

De afhankelijkheid van de wegvloeingsfactor U (x-as) van de strategische kennisvoorraad van de markt (y-as). Gebruikte formule: $U = p + Dp(1-p)$ met resp. $D = -1$, $D = 0$ en $D = +1$.

Deze meer gecompliceerde relatie tussen U en p blijkt de uitkomst van de berekeningen niet ten principale te beïnvloeden maar heeft wel een zeker kwantitatief effect op de hierna berekende optima.

Bij het in aanmerking nemen van het wegvloeien van strategische kennis moet vergelijking (10) worden uitgebreid met een extra kostenpost (m_v)

voor het aanvullen voor de KS voorraad tegen de prijs C1: $mv = C1.k7 = C1.K6.p$. Aangezien we $C1=1$ hebben gesteld, wordt vergelijking (11):

$$M_{t2} - M_{t1} = ((1-p)/p) \cdot (KC/KS) \cdot K6 + K6.p$$

en na invullen van $M_{t1} = KS$, zie (12), wordt deze vergelijking:

$$M = KS + ((1-p)/p) \cdot (KC/KS) \cdot K6 + K6.p \quad (17)$$

vorm A B C

Differentiatie dM/dKS levert dezelfde vergelijking op als (14) en dus een optimum voor KS:

$$KS^2 = ((1-p)/p) \cdot KC \cdot K6 \quad (\text{vergelijking 15})$$

afhankelijk van K6 en gekozen p.

Differentiatie dM/dp van (17) levert op:

$$dM/dp = (-KC/(KS \cdot p^2) + 1) K6 \quad (18)$$

waaruit nu ook een optimum voor p volgt:

$$p^2 = KC/KS \quad (19)$$

Vergelijkingen (15) en (19) zijn twee haaks op elkaar staande parabolen met de zelfde variabelen p en KS, zodat één of meer snijpunten mogen worden verwacht die men vindt door de waarden van p (of KS) van de ene in de andere vergelijking in te vullen (zie fig. 5a en 5b).

Als we KS vervangen krijgen we uit (19):

$$KS^2 = KC^2/(p^4) = ((1-p)/p) \cdot KC \cdot K6$$

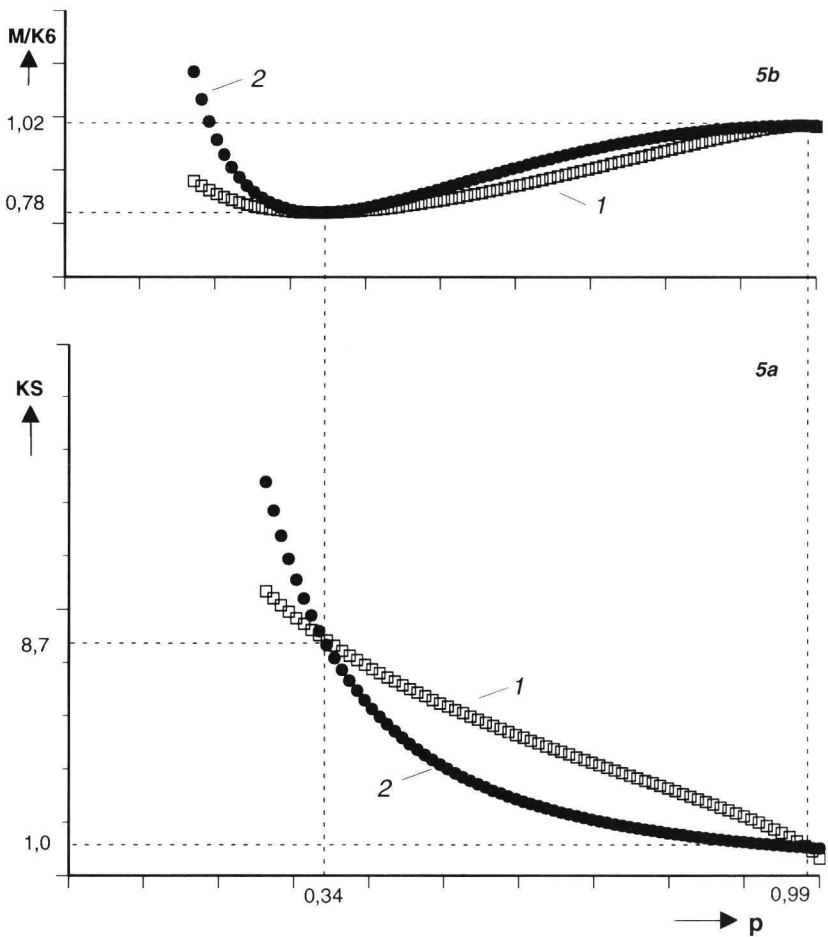
$$\text{dus: } 1/K6 = p^3 \cdot (1-p)/KC \quad (20)$$

Deze functie is grafisch weergegeven in figuur 6.

Hieruit blijkt dat er voor een aantal waarden van K6 twee optimale p's bestaan. De K6-curve bereikt een minimum bij $p=0,75$ waarbij K6 de waarde 9,48 bereikt (dit minimum wordt berekend door differentiatie van vergelijking (20)).

De bij elke K6 en optimale p behorende KS kan uit (15) worden berekend en bedraagt $KS=1,78$. Het daarbij behorende minimum budget M volgt uit (17): $M=10,67$. Door een typische verhouding tussen K6 en M bereikt de prijs per kenniseenheden $M/K6$ juist een maximum waarde $M/K6=1,13$.

Zeer hoog is dit maximum echter niet, in vergelijking tot de waarde die $M/K6$ aanneemt bij $p=1$. Zoals uit vergelijking (17) blijkt, wordt M bij $p=1$ $M=KS+K6$ en $M/K6=KS/K6 + 1$ dus voor redelijke hoge multiple gebruiksfactor $F=K6/KS$ nadert $M/K6$ tot 1 voor alle waarden van K6 (dat is dus de hoge kostprijs van strategische kennis).



Figuur 5a

Curve 1: KS_{opt} als functie van p [formule (15)] bij $K6 = 40$.

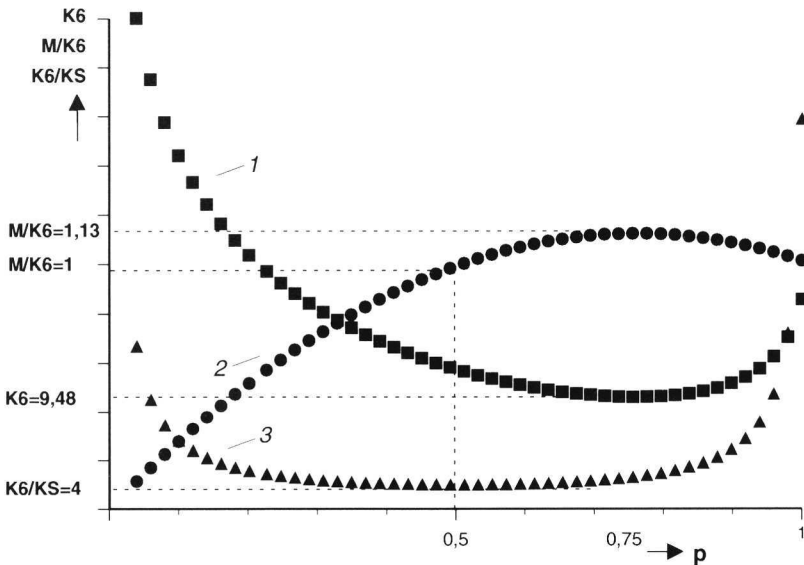
Curve 2: p_{opt} als functie van KS [formule (19)].

Snijpunten bij $p = 0,34$ en $p = 0,99$.

Figuur 5b

Het verloop van de kostprijs per kenniseenheid $M/K6$ als functie van p , behorend bij resp. curve 1 en 2 in figuur 5a. Hoge optimale prijs bij $p = 0,99$; $M/K6 = 1,02$. Lage optimale prijs bij $p = 0,34$; $M/K6 = 0,78$.

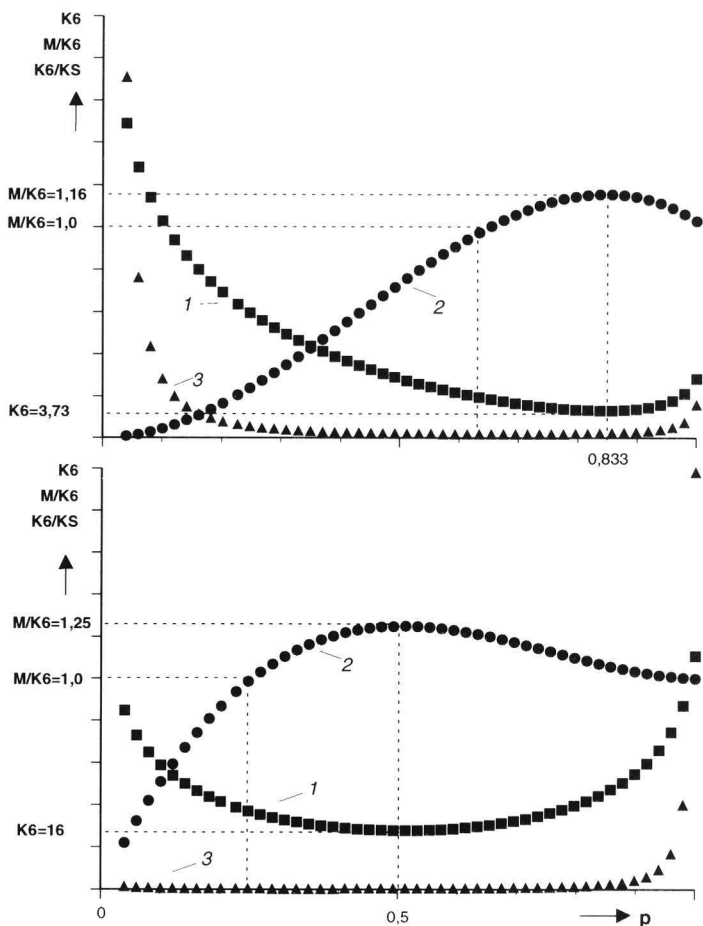
M/K6 nadert ook bij een lagere waarde van p tot 1, namelijk bij $P=0,5$. K6 heeft dan de waarde 16 en de optimale KS waard bedraagt 4, zoals bij oplossen van de vergelijkingen 16 tot en met 20 blijkt. De daarbij behorende multiple gebruikfactor $F=16/4=4$ heeft kennelijk een sleutelbetekenis: bij het instellen van het bedrijf op optimale p en optimale KS bij elke gevraagde af te leveren K6 blijft de productie bij $K6 < 16$ relatief duur en ligt deze op of boven de kostprijs $C=1$ van de productie van strategische kennis (tot dertien procent daarboven). Is $K6 > 16$, dan daalt de kostprijs beneden 1. Voorwaarde daarvoor is een $p < 0.5$. Slechts beneden deze afstand tot de markt wordt het kennisbedrijf dat steunt op een strategische kennisvoorraad, werkelijk rendabel.



Figuur 6
Het verloop van $K6$ (curve 1) met p_{opt} [volgens formule (20) $K6$ logaritmisches uitgezet tegen p_{opt}].

Curve 2: bijbehorende waarden (bij p) van $M/K6$.

Curve 3: bijbehorende waarden (bij p) van $K6/KS$.



Figuur 7

Het effect van de hysteresisfactor D (zie figuur 4) op het verloop van $K6$ (curve 1) met p_{opt} [volgens formule (20)]. $K6$ logarithmisch uitgezet tegen p_{opt} .

Curve 2: bijbehorende waarden (bij p) van $M/K6$.

Curve 3: bijbehorende waarden (bij p) van $K6/KS$.

Boven: $D = +1$; onder: $D = -1$.

Zoals uit figuur 7 blijkt, wordt deze waarneming niet kwalitatief beïnvloed door een andere relatie tussen de kenniswegvloefactor U en p dan de aangenomen lineaire, doch uitsluitend in kwantitatief opzicht doordat de waarden van optima en grensovergangen verschuiven.

Heroverweging van de aannamen

Niettemin noopt de verrassende conclusie dat het kennisverwerkend bedrijf met een strategische kennisvoorraad met grotere afstand tot de markt, tegen een lagere kostprijs kan leveren dan het bedrijf met een voorraad dicht op de markt, tot herbezinning op de aannamen die in de modellen zijn gedaan.

Vastgesteld moet worden dat de optima en overgangen ontstaan door de hyperbolische relaties die tussen de onderscheidene variabelen M , KS , $K6$ en p zijn aangenomen. De kosten van de produktie van $K6$ zijn asymptotisch gerelateerd aan de afstand van de kennisvoorraad KS tot de markt, gaan naar oneindig bij $p=0$ en $M2=0$ bij $p=1$ (bij $p=1$ kan de KS zelf direct aan de markt worden geleverd). Tevens is aangenomen dat deze kosten omgekeerd evenredig zijn met de hoeveelheid aanwezige KS , en dit is gebaseerd op de veronderstelling dat de snelheid van produktie van $K6$ tot 0 nadert bij $KS=0$, waarbij de kosten van $K6$ produktie tot oneindig zouden naderen; en tot $M2=0$ bij $KS=$ oneindig. Dit is de zwakst onderbouwde veronderstelling: er wordt feitelijk mee gezegd dat als men over alle kennis in de wereld zou kunnen beschikken, daarin vast wel een fractie KS voorkomt die reeds dicht bij de markt staat. Daarbij kan ook nog worden opgemerkt dat in het model extreem hoge waarden voor KS niet in beschouwing zijn genomen. Voorts is het model gebaseerd op de aanname dat de produktie van strategische kennis aanmerkelijk minder efficiënt verloopt dan die van toepasbare kennis, wat een ervaringsfeit is. Cruciaal voor het ontstaan van een optimum voor p is de aanname dat strategische kennis wegvloeit met produktie van $K6$ en evenredig met de waarde van p , dit op grond van de veronderstelling dat de afnemer van $K6$, afhankelijk van p , hergebruik van deze kennis niet toestaat. Daarbij is overigens niet relevant of hij al dan niet voor deze kennisfractie betaalt; de totale kosten van de produktie zijn berekend los van het rendement dat het kennisbedrijf zelf maakt.

Het resultaat van de doorgerekende modellen leidt dus samenvattend tot de volgende conclusies:

1. Voor elke geschatte afname aan verkoopbare kennis $K6$, bestaat een optimaal aan te leggen strategische kennisvoorraad. Vertoont de omvang van deze voorraad een afwijking van een factor 2 omhoog of omlaag, dan leidt dit tot een 25 tot 30 procent hogere kostprijs.

2. Uit het oogpunt van een zo goed mogelijk te bereiken rendement is multiple gebruik van opgebouwde strategische kennis een prerogatief. Een strategische kennisvoorraad die (onder deze conditie) dicht op de markt staat, leidt niet noodzakelijk tot een beter rendement dan een die verder van de markt staat. In tegendeel, bij toenevend multiple gebruik van de kennis is een grotere afstand van de markt noodzakelijk om een optimaal rendement te realiseren. De prijs voor toepasbare kennis wordt daarbij zelfs lager dan de (relatief hoge) kostprijs van strategische kennis.

Het model moet vooral worden gezien in het perspectief van de positie die de 'stand alone' dienstverlenende onderzoekorganisatie in de wetenschappelijke infrastructuur inneemt: hij dient met een brede kennisvoorraad een breed spectrum van klanten.

Naar aanleiding daarvan kom ik terug op de naamgeving aan de systeemconstante KC, de Colon-constante. Wijlen Colon was een typisch intrapreneurende onderzoeker avant la lettre bij TNO-Apeldoorn, werkzaam in de sector milieutechnologie. Zonder van bovenaf opgelegde strategische planning (of dialoog) zette hij zijn beleid uit, waarbij hij steeds zorgde, zoals hij het noemde, 'voldoende nieuwe technologieën op de plank te hebben' om daarmee tijdig op een brede vraag vanuit de markt te kunnen reageren. Wanneer hem, door een ander, een (in beginsel) goed (wetenschappelijk) idee werd aangereikt, woog Colon dat eerst op mogelijke breedte van toepassing in de markt en vervolgens op kosten van ontwikkeling. Zijn knapste, maar ook moeilijkste beslissingen betroffen het (tijdig) stoppen van strategisch onderzoek dat onvoldoende snel resultaat leek te gaan afwerpen.

Wat Colon in de praktijk heeft beoefend, heb ik geprobeerd in dit hoofdstuk theoretisch te onderbouwen.

De Colon-constante is, zoals eerder aangegeven, opgebouwd uit meerdere elementen die te maken hebben met de kwaliteit en de kwantiteit van strategische kennis. De constante en de afstand van deze kennis tot de markt, alsmede de te maken omzet daarmee met toegepast onderzoek, bepalen het rendement van het kennisberijf. De Colon-constante is een soort getal, als dat van Reynolds in de stromingsleer, waardoor wordt bepaald wanneer (bij welke omzet en een bepaald type 'planning') een onderzoekinstelling van het klassieke stempel overgaat in een turbulente onderneming met rendementsdoelstelling.

Het theoretisch model van het functioneren van het kennisbedrijf, waarbij alle kennisstromen in aanmerking worden genomen, is, verder dan hier beschreven, uitgewerkt in een computerprogramma. Daarmee kan het effect van fluctuaties in onderscheidene stromen worden nagegaan (met de zogenoemde sinusresponse-analyse). Voor de (theoretisch) geïnteresseerden is een rapport daarover beschikbaar.

VIII. Absolute randvoorwaarden voor duurzame ontwikkeling

Natuurwetenschappelijke hoofdwetten en hun consequenties.

In Keerpunt 2000⁽¹⁴⁾ is een aantal randvoorwaarden en knelpunten voor een duurzame ontwikkeling van de samenleving verzameld. Deze zijn ingedeeld in relatieve en absolute randvoorwaarden. Onder de relatieve worden verstaan de knelpunten die in de tijd kunnen veranderen, bijvoorbeeld door nieuwe technologische ontwikkelingen of veranderingen in maatschappelijke opvattingen.

De absolute randvoorwaarden worden gevormd door grondwetten die altijd gerespecteerd moeten worden. In het drie-dimensionale model Technologie, Economie, Ecologie, is op elk van de assen (tenminste) één zo'n grondwet relevant, respectievelijk:

- a. de hoofdwetten van de thermodynamica;
- b. de wet van de verminderende meeropbrengst in de economie;
- c. de aan de biologische evolutietheorie ten grondslag liggende hypothesen.

(Tot de relatieve randvoorwaarden voor het bereiken van een duurzame ontwikkeling is ondermeer gerekend de attitude die wordt aangenomen ten aanzien van de geïntegreerde beschouwing van technologische economische en ecologische ontwikkeling)

In een in januari 1993 door de Adviesraad voor Wetenschap en Technologie (AWT) georganiseerd symposium, waaraan industriëlen, overheidsfunctionarissen en wetenschapsbeoefenaren deelnamen, werd geconstateerd dat zelfs in de kring van de technologen de draagwijdte van de hoofdwetten van de thermodynamica vaak onvoldoende wordt onderkend.

In de vele discussies die ik de laatste decennia heb moeten voeren over 'genetic engineering', is mij gebleken dat ook de draagwijdte van de darwinistische evolutietheorie, in relatie tot de populatiebiologie (de ecologie), niet altijd voldoende wordt doorgrond⁽⁶⁾.

Dit is aanleiding om op beide (a. en c.) nog eens nader in te gaan, omdat door miskenning van deze (grond)wetten gemakkelijk onjuiste verwachtingen ten aanzien van Duurzame Ontwikkeling kunnen worden gewekt.

Voorts is de laatste twintig jaar veel theoretisch werk verricht dat de toegepaste onderzoekers wellicht is ontgaan, waarbij evolutionaire en thermodynamische beschouwingen werden gesynthetiseerd⁽⁸⁾ waardoor in beide domeinen het begrip voor de natuurlijke verschijnselen sterk is toegenomen.

De status van een grondwet

In het bovenstaande zijn de termen grondwet, wet en hypothese naast elkaar gebruikt en dat is niet toevallig. Een wetenschappelijke grondwet heeft namelijk altijd het aspect van een hypothese, in de zin dat absoluut 'bewijs' uit andere stellingen (zoals we die in de wiskunde gebruiken) niet geleverd is. De geldigheid van de wet (als grondwet) blijkt uit het feit dat daaruit een reeks uiteenlopende verschijnselen kan worden verklaard, en de wet blijft geldig tot een verschijnsel wordt waargenomen dat daaruit niet (meer) kan worden verklaard. De wet is dus zeer belangrijk uit het oogpunt van wetenschapsfilosofische unificatie van theorieën.

In niet-wetenschappelijk taalgebruik zou men kunnen zeggen dat voor de 'wijsheid' die in een wet wordt verkondigd, geldt: 'het is gewoon zo'. Een 'wet' komt niet zomaar uit de lucht vallen. Hij wordt geformuleerd om een reeks verschijnselen te kunnen verklaren. In meer wetenschappelijke termen noemen we een 'wet' een postulaat, dat door al zijn consequenties wordt bevestigd.

De hoofdwetten van de thermodynamica zijn in eenvoudige wiskundige vergelijkingen samen te vatten, de hypothesen van de evolutie-theorie niet. Beide soorten 'regels' hebben echter gemeenschappelijk dat zij op verschillende wijzen onder woorden zijn te brengen, afhankelijk van de context waarin naar hen wordt gerefereerd. Dat komt mede doordat de betreffende hoofdwetten het resultaat zijn van wat in modieuze terminologie wordt genoemd: systeem-denken. Systemen met een bepaalde omschreven complexiteit worden bekeken, alsmede het dynamisch gedrag daarvan. In de thermodynamica spreekt men veelvuldig van

toestandsvergelijkingen, waarin specifieke parameters als temperatuur en energie-inhoud een rol vervullen. Bij evolutionaire beschouwingen zijn daarmee vergelijkbaar begrippen als 'populatie' en 'niche'.

Bij het beschouwen van Duurzame Ontwikkeling hebben we in feite eveneens met systeemdenken te maken, en omdat begrippen als technologie, economie en ecologie op zichzelf reeds ingewikkelde systemen representeren, hebben we te maken met een systeem dat drie orden van grootte complexer is.

Thermodynamica en evolutie (resp. populatiedynamica) zijn daarom niet alleen van belang omdat zij randvoorwaarden toeleveren voor Duurzame Ontwikkeling, maar ook als denkmodel voor de theorievorming.

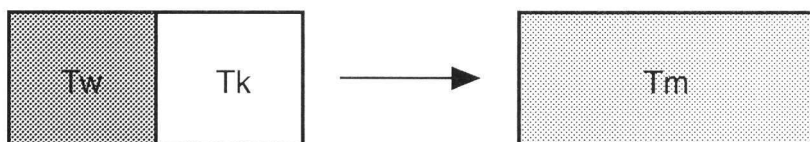
De thermodynamica

De thermodynamica is de leer van de energietransformaties, hoe 'energie' in verrichte arbeid en warmte wordt omgezet, zowel in stoommachines als bij chemische reacties, elektrische verschijnselen e.d.. Meer recentelijk is hieraan toegevoegd het domein van de ordening en informatiegeneratie, waardoor de evolutie binnen het bereik van de thermodynamische beschouwingen is gekomen.

Men spreekt in de thermodynamica niet van grondwetten, maar van hoofdwetten.

De eerste hoofdwet luidt in zijn meest eenvoudige vorm: energie gaat nooit verloren. Dat klinkt hoopvol in een wereld die zich zorgen moet maken over uitputting van energiebronnen, maar helaas is voor die hoop geen grond. Want er is een tweede hoofdwet, die aangeeft welke energietransformaties mogelijk zijn. Alvorens die tweede hoofdwet te formuleren, enige (gedachten)-experimenten ter illustratie.

Model 1. Wanneer een warm en een koud lichaam met elkaar in contact worden gebracht - tesamen een zogeheten gesloten systeem vormen - zal spontaan warmte van het warme naar het koude lichaam stromen en niet omgekeerd. Het warme lichaam wordt kouder, het koude warmer, tot beide dezelfde temperatuur hebben bereikt.



Schema 8

(model 1). Wanneer een 'warm' (T_w) en 'koud' (T_k) lichaam met elkaar in contact worden gebracht, ontstaat een lichaam met een 'gemiddelde' temperatuur (T_m). (15).

Het systeem verkeert dan in (thermodynamisch) evenwicht.

Op moleculair niveau is de temperatuur van een lichaam, gecorreleerd met de gemiddelde bewegingssnelheid van de moleculen in het lichaam; in een gas of vloeistof met de voortbewegingssnelheid van de moleculen; in een vaste stof met hun trillingsbeweging (bij het absolute nulpunt, -273 graden C, liggen de moleculen stil).

Met dit gedachte-experiment wordt dus een relatie gelegd tussen een macroscopische (temperatuur) en een moleculaire toestand (de gemiddelde bewegingstoestand van de moleculen).

Op grond van de eerste hoofdwet zal bij bovengenoemd evenwicht het totale gemiddelde van de snelheid van alle moleculen niet meer veranderen.

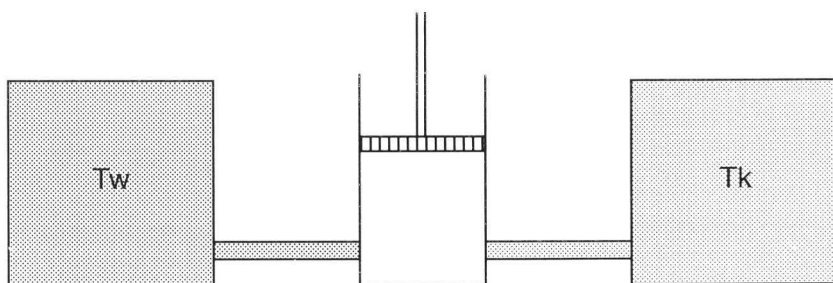
Model 2. Wanneer tussen het warme en het koude lichaam een 'zuiger' wordt geplaatst (zoals in een stoommachine tussen ketel en condensor), kan een gedeelte van de warmtestroom in Arbeid worden omgezet. In dit gedachte-experiment wordt dus een relatie gelegd tussen warmteverschillen (moleculaire snelheden) en arbeid. Een goede vraag is: hoeveel arbeid kan worden opgewekt? In dit bestek gaan we daaraan voorbij. We stellen wel vast dat de gemiddelde eindtemperatuur van het systeem lager zal liggen dan in het eerste, omdat door de afgevoerde arbeid energie aan het systeem is onttrokken.

Model 3. In een continu lopende stoommachine wordt aan dit systeem voortdurend warmte toegevoerd en wordt vervolgens arbeid afgevoerd. Het gesloten systeem verandert daardoor in een zogeheten open systeem. In dit open en dynamische systeem, verkerend in een zogeheten dynamisch evenwicht, kunnen dus warm lichaam (ketel) en koud

lichaam (condensor) op constante (verschillende) temperatuur blijven. Bij dit dynamisch evenwicht ontstaat niet zoals in geval 1 en 2 een homogene warmtetoestand: er blijft sprake van een zekere 'ordening', gekarakteriseerd door een warm en een ander koud lichaam.

Hiermede leggen we een verband tussen het in-stand-houden van een ordening en het functioneren van een open (thermo-) dynamisch systeem. De mate van ordening (het temperatuurverschil) zal afhangen van de toe- en afgevoerde energie.

Model 3 kan weer vereenvoudigd worden tot model 1, met behoud van het dynamisch karakter, als we aannemen dat uit de omgeving van het warme lichaam constant warmte daarheen wordt aangevoerd en aan het koude lichaam, door een andere omgeving, warmte wordt onttrokken, waarbij de ordening (het temperatuurverschil) in stand kan blijven. Dit is te vergelijken met een hutje waarin een kachel brandt, op een koude hei, waarbij in de buitenlucht de door het hutje uitgestraalde warmte praktisch oneindig wordt verdund. Stoken we harder, dan zal het temperatuurverschil (de ordening) groter worden. Houden we op met stoken, dan eindigen we in de thermodynamische evenwichttoestand, wordt het in het hutje even koud als op de hei.



Schema 9

(model 2). Als het temperatuurverschil tussen het warme (T_w) en koude (T_k) lichaam in stand wordt gehouden kan het stelsel, bijvoorbeeld door een 'zuiger', arbeid verrichten.

De tweede hoofdwet

We zullen nu, aan de hand van gedachte-experiment 1, de tweede hoofdwet in zijn meest primitieve vorm formuleren: warmte kan in een

gesloten systeem slechts van hoge naar lagere temperatuur stromen, met het gevolg dat een thermische evenwichtstoestand wordt bereikt waaruit geen ontsnappen meer mogelijk is. Met model 2 en 3 zijn we al vooruitgelopen op wel bestaande ontsnappingsmogelijkheden, op voorwaarde dat het gesloten systeem voor de omgeving wordt geopend. Om de tweede hoofdwet naar andere dan thermische processen te kunnen generaliseren, bijvoorbeeld naar moleculaire processen en later naar ordeningsprincipes, is in de vorige eeuw reeds voor de beschrijving van een bepaalde fysieke toestand, naast druk, volume en temperatuur de parameter entropie ingevoerd om de 'toestand' van een systeem te beschrijven. Dit is een moeilijk begrip, gedefinieerd als de energie-inhoud van het systeem gedeeld door de absolute temperatuur (Joules/graad Kelvin).

$S = Q/T$, waarin S de entropie, Q de energie-inhoud en T de absolute temperatuur.

De energie-inhoud van een systeem kunnen we niet in een absolute waarde aangeven, wel verschillen in energie-inhoud.

We kunnen meten hoeveel energie nodig is om bijvoorbeeld een hoeveelheid water een graad in temperatuur te doen stijgen.

Op grond hiervan kunnen we dus wel het verschil in energieinhoud (dE) tussen bijvoorbeeld tien gram water op zestig graden C en drie gram water op twintig graden C aangeven.

Aangezien aan de energie-inhoud Q geen absolute waarde kan worden toegekend, geldt hetzelfde voor de entropie S . We kunnen alleen verschillen in S -waarden meten.

Keren we nogmaals terug naar ons model 1, twee lichamen die in de begintoestand op verschillende temperatuur zijn en die we tesamen als een gesloten systeem beschouwen, met het gevolg dat de eindtoestand een systeem van homogene temperatuur is. Als het verschil in entropie van het systeem in begin- en eindtoestand wordt berekend, blijkt deze toe te nemen (voor berekening zie voetnoot 15).

Deze waarneming blijkt geldig voor alle processen met energieconversies in een gesloten systeem. Aldus luidt de algemene formulering van de tweede hoofdwet: in een gesloten systeem verlopen uitsluitend die processen spontaan, waarbij de entropie van het systeem stijgt.

Model 1 weerspiegelt een onomkeerbaar proces dat tot homogenisatie leidt.

Merk op dat in model 3 wel een temperatuurverschil werd gehandhaafd. Maar dit is een open systeem waarbij energie uit de omgeving werd opgenomen en energie aan de omgeving werd afgestaan. Zou die omgeving ook tot het systeem worden gerekend, dan blijkt dat van dat uitgebreide systeem de totale entropie ook slechts kan stijgen.

Model 4. Model 3 heeft als open systeem nog een opmerkelijke eigenschap, namelijk dat hierin het proces wel kan worden omgekeerd. Model 3 is dat van de stoommachine, waarmee door continue warmte-toevoer uit de omgeving, arbeid aan de omgeving wordt geleverd. De omkering daarvan (model 4) is de koelkast: door arbeid uit de omgeving toe te voeren en warmte aan de omgeving af te staan, wordt een temperatuurverschil met die omgeving gehandhaafd (in de koelkast wordt die arbeid geleverd door de motor die een gas samenperst tot een vloeistof die bij verdamping warmte aan de binnenruimte onttrekt).

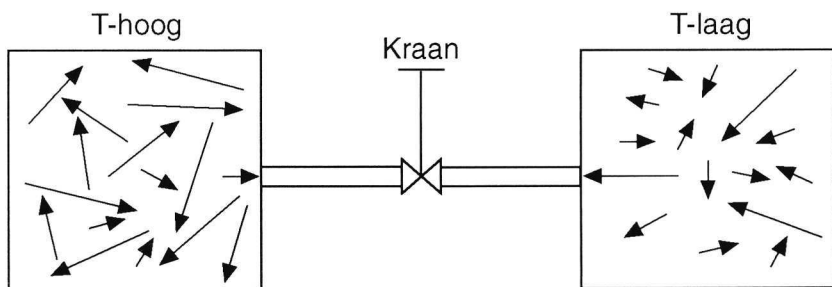
Entropie, orde, wanorde, informatie

In de techniek noemt men model 4 een warmtepomp, die slechts kan werken door in de omgeving een grotere entropiestijging te bewerkstelligen dan de lage entropie die in het (open) systeem wordt gehandhaafd.

Entropie is een moeilijk begrip omdat we ons van die parameter minder gemakkelijk een voorstelling kunnen maken dan van temperatuur en druk. Entropie staat ook in relatie tot 'orde', zoals we in model 3 reeds impliciet hebben aangegeven. Op het eerste gezicht maken we de zaak daarmee wellicht nog moeilijker, maar het volgende gedachte-experiment kan hopelijk verhelderend werken.

Model 5 staat bekend als het duiveltje van Maxwell, van wie dit gedachte-experiment afkomstig is.

Veronderstel twee vaten gevuld met eenzelfde gas, verbonden door een kraan. Veronderstel dat het gas in het ene vat op hogere temperatuur is dan in het andere. Als we de kraan open zetten zijn we terug bij model 1: het gas zal homogeniseren tot beide vaten op gelijke (gemiddelde) temperatuur zijn. Hogere gas temperatuur wil op moleculaire basis zeggen dat de moleculen *gemiddeld* een hogere bewegingssnelheid hebben dan de moleculen in het koudere vat.



Schema 10

Het 'Duiveltje van Maxwell' bedient de kraan en laat een relatief langzaam molecuul uit het vat van hoge temperatuur door naar het koude vat en omgekeerd een relatief snel molecuul vanuit het koude naar het warme vat. Het resultaat is dat het warme vat warmer en het koude kouder wordt. Dit is alleen mogelijk door 'ingrijpen' van buiten.

Bij elke temperatuur vertoont die bewegingssnelheid echter een statistische verdeling. Er zijn zowel moleculen met hogere snelheid dan het gemiddelde als moleculen met een lagere snelheid. Bij hogere temperatuur is wel de gemiddelde snelheid hoger. Als we nu de kraan niet continu open laten staan, doch door het duiveltje van Maxwell laten bedienen, en wel zodanig dat de kraan alleen eventjes geopend wordt als in het koude vat een molecuul de kraan nadert met een snelheid hoger dan het (koude) gemiddelde, wordt als het ware een 'warm' molecuul van het koude naar het warme vat gepompt, waardoor het temperatuurverschil zal stijgen (omgekeerd kunnen we relatief 'koude' moleculen uit het warme vat naar het koude pompen).

We hebben nu dus een gesloten systeem (de twee vaten) waarbij zonder energietoevoer warmte van lage temperatuur naar hoge wordt gepompt. Hoe kan dat?

Men zal wellicht opmerken dat het openen en sluiten van de kraan energie vergt, maar als de kraan op willekeurige momenten wordt geopend, zal slechts het omgekeerde proces plaats vinden. Essentieel in het gedachte- experiment is dat het duiveltje dat de kraan bedient, *weet* wanneer een relatief koud of warm molecuul de kraan nadert. Hij zet *kennis, of informatie*, in om het temperatuurverschil te vergroten, waardoor de entropie van het systeem kan dalen.

Boltzman heeft in 1872 een directe (algebraïsche) relatie gelegd tussen de grootheden entropie en mate van ordening. Hoge entropie correspondeert met chaos, lage entropie met ordening. Een geordend systeem bevat informatie. Bij de overgang van een geordend in een chaotisch systeem gaat informatie verloren. In het systeem stijgt dan de entropie. Twee vaten op verschillende temperatuur, als één systeem beschouwd, vertonen een zekere ordening (er is een koud en een warm vat). Het systeem streeft spontaan naar homogenisatie. Bij de overgang stijgt de entropie en neemt de wanorde toe. Aldus kunnen we de neiging van de entropie van een gesloten systeem om te stijgen, begrijpen, omdat ordening de neiging heeft in chaos over te gaan en niet omgekeerd. Tenzij er 'toeval' in het spel is.

Evolutietheorie

Bij evolutie, het ontstaan van meer geordende systemen uit minder geordende, vervult het toeval een belangrijke functie. Maar zoals we zullen zien, is er nog iets meer nodig.

Keren we nog even terug naar model 5. Indien de kraan tussen de twee vaten op willekeurige tijdstippen open en dicht wordt gedraaid, en dit gebeurt 'toevallig' steeds op het moment dat in het koude vat een relatief snel (warm) molecuul de kraan nadert, kan hierdoor de ordening toenemen (en de entropie afnemen). Het duiveltje doet eigenlijk niets anders dan het toeval een handje helpen, namelijk door de snelle moleculen te *selecteren*.

Het selecteren is echter alleen mogelijk doordat er *variatie* is, namelijk in dit model 5, variatie in de snelheid van de moleculen. Zouden in het koude vat alle moleculen dezelfde snelheid hebben, dan kan het proces niet plaatsvinden. Aldus moet evolutie worden gezien als een proces waaraan variatie en selectie onverbrekkelijk verbonden zijn. Dat is als het ware de hoofdwet van de darwinistische evolutietheorie.

Zonder variatie geen evolutie. Maar kan evolutie zonder selectie? Model 5 suggereert van wel, al is de kans zeer klein dat spontaan hierin de ordening toeneemt. En zo het toeval alléén werkt, dringt de vraag zich op of die ordening dan ook in stand blijft, gezien de neiging van de entropie om (weer) te stijgen.

Om ordening in stand te houden lijkt het uitoefenen van een continue selectiedruk nodig. Wanneer in het systeem van model 5 de kraan altijd gesloten blijft en het systeem ook verder van de omgeving afgesloten, blijft de lage entropie gehandhaafd. Maar die isolatie moet op zich worden opgevat als een selectiedruk.

In de vrije natuur is in wezen geen enkel systeem te beschouwen als geïsoleerd of gesloten. Wisselwerking is zonder menselijk ingrijpen onvermijdelijk. En dit leidt tot de uitwerking van de darwinistische theorie in de biologie: de stelling van de 'survival of the fittest'.

Toch hebben we in voorgaande modellen (bijvoorbeeld 3 en 4) gezien dat in (open) systemen lage entropie wel degelijk gehandhaafd kan blijven en wel dankzij die openheid, die namelijk een continue energietoevoer mogelijk maakt.

Karakteristieken van biologische systemen

Biologische systemen worden gekenmerkt door een extreem hoge organisatiegraad. Zij bevinden zich ver van het thermodynamisch evenwicht. Zij blijven in stand door een continue energietoevoer uit hun omgeving. Die omgeving, waartoe niet alleen de anorganische wereld is te rekenen, maar ook de nabuurschap van de grote verscheidenheid aan biologische systemen, oefent bovendien een selectiedruk uit. Daardoor woedt niet alleen binnen één soort en tussen soorten onderling een heftige strijd om het bestaan, waarbij de meest 'fitte' overleven, maar blijft de evolutie ook voortschrijden. Evolutie is zelfs onvermijdelijk, zolang er voldoende variatie en selectie zijn *en* continue energietoevoer. Zo zit in principe onze wereld in elkaar.

De snelheid van de biologische evolutie; het ontstaan van soorten

Het ontstaan van nieuwe soorten (species) verloopt niettemin zeer langzaam. De huidige aanwezige species op aarde (4 - 10 miljoen) zijn het produkt van enkele miljarden jaren evolutie. In de loop van de tijd zijn periodiek grote natuurrampen opgetreden, waarbij grote populaties werden uitgeroeid. Men schat dat van alle soorten die ooit op aarde hebben bestaan, 99.99 procent ook weer is uitgeroeid. Door het optreden van de rampen is het buitengewoon moeilijk de snelheid van

evolutie van soorten te berekenen. De orde van grootte van het optreden van een nieuwe soort is 1 per 1 tot 50 jaar.

Door het optreden van de mens zijn vele soorten uitgestorven. Dit proces is, door overbejachting, waarschijnlijk drie- tot vierduizend jaar geleden al begonnen. Het extinctieproces dreigt door de exponentiële bevolkingstoename en consumptie (en vervuiling) sterk te worden versneld. De soortenrijkdom is echter zeer onevenwichtig over de aarde verspreid. Naar schatting zit tachtig procent in de tropische regenwouden; dat verklaart de algemene zorg over het kappen daarvan. Van belang voor de mens zijn voorts de organismen in de zeeën, de wateren en de ondergrond, omdat deze hoofdzakelijk verantwoordelijk zijn voor het opruimen van afvalstoffen. Deze gebieden dreigen door vergiftiging met zware metalen en 'on'natuurlijke stoffen (kunststoffen) of overmatig gebruik van natuurlijke stoffen (bemesting) te worden aangetast. Deze oefenen een selectiedruk uit die naar verwachting zal leiden tot het ontstaan van nieuwe ('resistente') soorten. De druk is mogelijk te hoog en de variatie te gering om de bedreiging van de vergiftiging te compenseren.

Anderzijds is de mens in staat gebleken de natuurlijke evolutie een handje te helpen, namelijk door *veredeling*, waardoor voor de mens belangrijke soorten tot grotere produktiviteit zijn aangezet. Zo produceert ons huidige graan per aar waarschijnlijk honderd tot duizend maal meer koolhydraten dan het oude Egyptische van tweeduizend jaar geleden. In de laatste decennia zijn veel nieuwe methoden ontwikkeld om dit proces van veredeling sterk te versnellen ('genetic engineering'). Het opmerkelijke van de door de mens veredelde soorten is, dat zij zich gewoonlijk niet in de vrije (wilde) natuur kunnen handhaven. Dit komt doordat zij niet op die eigenschap zijn geselecteerd, doch uitsluitend op voor de mens belangrijke eigenschappen (verhoging van de produktie). Deze soorten behoeven de voortdurende bescherming van de mens, op weiden en akkers.

In het wild bevechten de soorten, en de leden binnen een familie, elkaar voortdurend op leven en dood. Iedere soort heeft tenminste één natuurlijke vijand. Daarom kan in de wilde natuur nooit worden gesproken van een (statisch) evenwicht. Het is een sterk dynamisch evenwicht, waarin afwisselend bepaalde populaties groeien en andere worden gedecimeerd.

In dit klimaat speelt de biologische evolutie zich af, tot de selectiedruk te hoog wordt, waardoor een soort met uitsterven wordt bedreigd. Of zich weet te redden door zich naar een andere 'niche' te verplaatsen. Daaraan is mede debet het door de mens geïntensiveerde wereldwijde transport.

In het Nederlandse weide- en parklandschap is door vervuiling van de ondergrond menige soort verdwenen. Maar er zijn ook andere soorten (van elders) bijgekomen. De netto-balans voor planten is waarschijnlijk zelfs positief. Uit het oogpunt van het wereldwijde behoud van soorten mag dit niet als een 'geruststelling' worden vertaald. Het Nederlandse parklandschap is niet representatief voor de wilde natuur. Zoals gezegd dient de zorg dienaangaande vooral uit te gaan naar de tropische regenwouden, zeeën (koraalriffen) en wateren.

Duurzaamheid op aarde

Ten aanzien van stoffen is de aarde van nature een gesloten systeem. De in de aarde samengebundelde massa wekt een zwaartekracht op, waardoor de stoffen niet naar het heelal kunnen ontsnappen. Een gesloten systeem dus, ten principale overgeleverd aan de entropiedood, de degeneratie tot de volmaakte chaos.

Echter, ten aanzien van energie-uitwisseling is de aarde géén gesloten systeem. De kernfusiereactor Zon voorziet ons continu van stralings-energie; de Aarde zelf zendt naar het heelal continu warmtestraling uit. Uiteindelijk is dit de drijvende kracht, waardoor geordende systemen op aarde in stand blijven en daarmee het Leven.

Zolang de zon straalt - en dat zal nog enige miljarden jaren duren - is leven en zelfs voortschrijdende evolutie bij het in-stand-houden van voldoende variatie en selectiekrachten, op aarde gewaarborgd.

De vraag is echter wel of er in dit aardse systeem ook een plaats voor de Mensheid blijft.

Daar rijst twijfel over, althans wat betreft de omvang die de Menselijke populatie heeft aangenomen en het hoge (energie-) consumptieniveau dat bepaalde groeperingen in deze populatie zich hebben aangemeten. Als 'soort' zal de Mensheid niet zo gemakkelijk worden uitgeroeid. Dankzij de tijdens de evolutie ontwikkelde intelligentie, is de Mensheid heerser over alle andere soorten. Maar door de omvang die de

menselijke populatie heeft aangenomen en door het gestegen niveau van de energieconsumptie heeft deze zich tot een 'plaag' voor andere levensvormen ontwikkeld. Andere levensvormen, waarvan die Mensheid voor de voedselvoorziening wel afhankelijk is. Het is een ervaringsfeit in populaties dat indien een bepaalde soort zich tot een plaag ontwikkelt - de populatie van andere soorten decimeert - die bepaalde soort na uitputting van de geparasiteerde bron, zelf wordt gedecimeerd.

Op hoofdzakelijk tweeërlei wijzen maakt de mensheid zich momenteel schuldig aan overexploitatie van de natuurlijke hulpbronnen. Hij is niet tevreden met de dagelijks door de Zon ingestraalde energie (die primair door de planten wordt ingevangen), maar exploiteert in exponentieel toenemende mate fossiele energiebronnen (steenkool, aardolie en -gas), die in het verleden door zonne-energie zijn gevormd. Ten tweede, als gevolg van de afvalproductie, vindt een herverdeling van stoffen op aarde plaats, met twee gevolgen:

- a. dreigende vergiftiging van andere levensvormen waar de mens afhankelijk van is;
- b. homogenisatie, bevordering van de chaotische verdeling van stoffen, die slechts ongedaan kan worden gemaakt door een beroep op energie-bronnen.

Als op de huidige weg wordt voortgegaan - verdere uitbreiding van de menselijke populatie met verdere verhoging van het consumptieniveau per hoofd van de bevolking - dreigt onvermijdelijk de entropiedood, omdat de van zonnewege aangevoerde energiestroom niet voldoende is om de huidige aardse ordening in stand te houden.

Waar de oplossing van het probleem, hoe duurzaamheid te bewerkstelligen, moet worden gezocht, is evident. De aardse, en dat is in dit verband hoofdzakelijk de menselijke, consumptie, moet worden afgestemd op de continu aan te voeren energie, om het systeem in stand te houden.

Bij die afstemming vormen de natuurwetenschappelijke hoofdwetten absolute randvoorwaarden.

In principe zijn er twee uitwegen:

- A. de aardse (menselijke) consumptie wordt beperkt;

B. als de zon per tijdseenheid onvoldoende energie kan aandragen om het consumptieniveau te handhaven, respectievelijk uit te breiden, teneinde alle volkeren de zelfde welvaartsgenietingen te bieden, moet een alternatieve energiebron worden aangeboord.

Alle andere benaderingen zijn uitwerkingen van bovengenoemde.

Benadering A en B sluiten elkaar overigens niet wederzijds uit. Door de verspilling terug te dringen, kan de consumptie aanzienlijk worden teruggebracht, en daarmee kan het bereiken van een duurzame ontwikkeling worden bevorderd. Maar is dat voldoende? Zeer waarschijnlijk niet. Aangezien tweederde van de mensheid een welvaartsniveau geniet dat een factor veertig lager ligt dan van eenderde, terwijl die tweederde naar een overeenkomstig welvaartsniveau streeft, zal de 'overall' consumptie onvermijdelijk toenemen.

Energiebehoefte en kringloopsluiting

Door de nog steeds te voorziene verdubbeling van de menselijke wereldbevolking en het streven van de arme bevolking (tweederde) het welvaartsniveau van de rijke bevolking (eenderde) te evenaren, zal de primaire energieconsumptie binnen afzienbare tijd waarschijnlijk nog met een factor vijf tot tien toenemen, ondanks alle streven naar 'bezuiniging'.

Een volgend groot probleem is dat veel stoffen die in 'mijnen' worden gewonnen om tot onze constructiestoffen te worden omgevormd, zich na consumptie diffuus over de aarde dreigen te verspreiden.

Omdat de aarde een voor stoffen gesloten systeem is, verdwijnen zij niet en kunnen zij worden teruggewonnen. Het sleutelwoord is hier: kringloopsluiting. Kringloopsluiting is enerzijds van groot belang om verdere vergiftiging van onze omgeving (waardoor natuurlijke kringlopen geblokkeerd dreigen te geraken) te voorkomen, anderzijds omdat natuurlijke hulpbronnen met uitputting worden bedreigd.

Maar kringloopsluiting kost weer extra energie. Zie de hoofdwetten van de thermodynamica. De homogenisatie van aardse elementen leidt tot entropiestijging die slechts met energietoevoer kan worden vermindert.

De belasting van het aardse ecosysteem

De Mensheid is op te vatten als een plaag voor andere soorten op aarde. Er is berekend dat er, zonder manipulatie van de omringende natuur, op grond van de primaire levensbehoefte 'voedsel', plaats is voor ongeveer tien miljoen mensen⁽¹⁶⁾. Er zijn er in het volgende decennium tenminste tien miljard, een factor duizend meer. Bovendien heeft de Mensheid zich in vergelijking tot andere organismen een extreem hoog consumptieniveau aangemeten, tenminste een factor tien gemiddeld.

Dat andere soorten door een overheersingsfactor van tienduizend daardoor uit hun niches worden verdreven, is niet verwonderlijk.

Er is in onze contreien geen sprake meer van wilde natuur. We hebben een stads- en parklandschap, afgewisseld met weiden en akkers en hier en daar een (pseudo-)natuurreservaat. Op zich nog geen onleefbare wereld, waarin de in leven gebleven soorten, indien we enige zorgvuldigheid betrachten, nog best kunnen gedijen. Meer zorgvuldigheid dan thans aan de dag wordt gelegd, want met name onze ondergrond is (onder andere door overbemesting) ernstig vervuild. Maar het is eveneens niet realistisch te veronderstellen dat gezien onze hoge populatiedichtheid een 'terug naar de (wilde) natuur' mogelijk is.

De economische druk, de druk om het welvaartsniveau verder te verhogen, is groot. Daaruit zullen de consequenties moeten worden getrokken voor verdere urbanisatie, industrialisatie en manipulatie van de natuur.

Systeem-denken

Ik heb in dit betoog de aandacht gevraagd voor het systeemdenken in de thermodynamica en de evolutietheorie omdat:

- a. daaruit absolute randvoorwaarden voor een mogelijke duurzame ontwikkeling voortvloeien, die in al te idealistische beschouwingen (te) vaak over het hoofd worden gezien (de groei van de energiebehoefte, de noodzaak tot ingrijpen in de natuur);
- b. in genoemde domeinen een theorievorming heeft plaats gevonden die als voorbeeld kan worden gesteld. Zonder theorieontwikkeling zal de wetenschap van de duurzame ontwikkeling in een stadium blijven steken, vergelijkbaar met dat van de natuurkunde en de biologie twee eeuwen geleden.

De theoretische grondslagen van de biologie (ecologie), de technologie en de economie, zullen een gezamenlijk fundament moeten vormen voor de theorievorming ten aanzien van duurzame ontwikkeling. Daarbij moet aansluiting worden gevonden bij de moderne, zogeheten 'chaos-theorie', waarmee men tracht van geordende systemen (die ver van het thermodynamisch evenwicht verkeren), het mogelijke verval en de mogelijke verdere evolutie te beschrijven en te verklaren.

In de huidige discussie over duurzame ontwikkeling wordt sterk de nadruk gelegd op de noodzaak van *gedragsverandering* bij consumenten en producenten om de verspilling van natuurlijke hulpbronnen tegen te gaan. Het is zeer de vraag of die gedragsverandering voldoende is om met de huidige maximaal beschikbare hulpbronnen een duurzame situatie te bereiken, gezien de omvang van de menselijke wereldbevolking.

Er is ook gedragsverandering nodig bij de discussianten over het onderwerp. Wat minder emotioneel, ideologisch denken, meer systeemdenken mag worden gevraagd. Vooral is meer aandacht nodig voor het theoretisch mogelijke in de verdere technologische en economische ontwikkeling, in relatie tot het handhaven van een specifieke ecologische toestand.

Referenties en voetnoten

1. 'Concurreren met Kennis'. Beleidsnota van het Ministerie van Economische Zaken, 1993.
2. 'Versterken van de kennisinfrastructuur'. Advies van McKinsey & Co. aan het Ministerie van Economische Zaken, 1993
3. F.E. Eelkman Rooda en B.L.M. Holthof. 'Versterken van de kennisinfrastructuur. Economisch Statistische Berichten, 78ste jaargang, nr 3828, september 1993, pag. 850-853.
4. 'De brede analyse van het gezondheidsonderzoek deel I'. Rapport van de gelijknamige stuurgroep aan de Raad voor Gezondheids-onderzoek, april 1993.
5. 'Value for Money, Money for Value. The policy of the Contract Research Organization'. Handleiding bij de TNO R&Dmanagement en -introductie cursus, september 1992.
6. Een directeur van een olie-maatschappij (P. van Duursen) merkte begin 1993 in een dagbladartikel op dat verdere beperking van CO₂- en SO₂-uitstoot technisch zeker tot de mogelijkheden behoort, maar dat verdere beperking van de SO₂-uitstoot, onvermijdelijk zal leiden tot verhoging van de CO₂- uitstoot. Over deze uitspraak door een ambtenaar naar mijn mening gevraagd, was mijn antwoord: 'Dit ligt vast in de hoofdwetten van de thermodynamica'. Waarop deze reageerde: 'Ja, naar die hoofdwetten moet nog veel onderzoek worden verricht'.
Het is mij ook bij een college over moleculaire evolutie overkomen dat een oudere-jaars student in de biologie de geldigheid van de tweede hoofdwet in twijfel durfde trekken.
7. Bij het redigeren van deze uitgave ben ik in het bijzonder dank verschuldigd aan J. Gerritsen, C.J. van der Gaast, W. Wientjens en L. Hoedemakers vanwege de kritische kanttekeningen die bij het manuscript zijn gemaakt.
8. J. Monod. 'Toeval en onvermijdelijkheid.' Bruna en Zn., 1971.
E. Laszlo. 'Evolution. The grand Synthesis'. New Science Library, 1987.
9. T.S. Kuhn. 'The structure of Scientific Revolutions'. 2d edition, University of Chicago press, 1971.
'Criticism and the Growth of Knowledge'. Editor I. Lakatos & A. Musgrave. Cambridge University Press 1972

10. Voor een overzicht van de algemene management-litteratuur, zie: 'Writers on Organizations' D.S. Pugh, D.J. Hickson & C.R. Hinings. Penguin Books Ltd 1985.
 Meer specifiek gericht op (klassiek) research-management:
 – 'Quantitative Management in R&D'. C.J. Beattie & R.D. Reader. Chapman and Hall Ltd. 1971.
 – 'Developing Managerial Skills in Engenieers and Scientists' M.K. Badawy van Nostrand Reinhold Co, 1982.
 Voor een overzicht van de research-management-literatuur tot 1984/85: 'Science Friction; organisatie en desorganisatie van het wetenschapsbedrijf'. A. Rörsch, AULA 750, 1984.
 'Convergentie en divergentie in management-opvattingen; een evolutionaire benadering', A. Rörsch, in 'Spectrum van de toekomst; een verkenning van Management-poblemen in Nederland' ed. H.A.M. van Hulst, NIVE, 1985.
11. 'Third Generation R&D. Managing the link to corporate strategy'. P.A. Roussel, K.N. Saad & T.J. Erickson. Harvard Business School Press, 1991.
12. 'German innovation, British imitation'. New Scientist, 21 november 1992.
13. 'ENZYMES', M. Dixon & E.C. Webb. Longmans, Green and Co. Ltd, 1960.
14. 'Keerpunt 2000; randvoorwaarden en schenario's voor duurzame ontwikkeling in Nederland en Europa'. A. Rörsch en C. de Hart. Elmar, 1993.
15. Berekening van de entropie-stijging in gedachte-experiment 1.
 Stel het warme domein is op 100 graden Celsius (373 absoluut) en het even-grote koude domein op 0 graden Celsius (273 absoluut).
 Bij het op-temperatuur-brengen van het linker domein stijgt de entropie in de halve hoeveelheid van het materiaal met:
 $\int dS_1 = \int 0,5 \times C \times dT/T = 0,5 C \times \ln(373/273)$ waarin C de warmte-capaciteit van het materiaal, de hoeveelheid warmte die nodig is om de gewichtshoeveelheid een graad in temperatuur te doen stijgen.
 Stellen we deze gemakshalve op 1 dan wordt
 $\int dS_1 = 0,5 \times \ln(373/273) = + 0,15605$
 De eindtemperatuur in toestand 2 bedraagt 50 graden C (323 absoluut) voor de totale hoeveelheid.
 Ten opzichte van het niveau 0 graden C is dus
 $\int dS_2 = \ln(323/273) = + 0,16818$
 De entropie stijgt dus van toestand 1 naar 2:
 $S_2 - S_1 = + 0,01213$
16. 'Biology and the future of Man'. Ed. P. Handler. Oxford University Press 1970. Studie van de Amerikaanse Academie voor Wetenschappen.



Arthur Rörsch

In de technisch-wetenschappelijke infrastructuur zijn verschillende actoren actief. De professionele dienstverlenende onderzoeksorganisaties vormen een speciale categorie. Daartoe behoren in Nederland de zogenoemde Grote Technologische Instituten alsmede TNO. De 'core business' van dergelijke organisaties is de

transformatie van kennis in praktische resultaten. Voor een deel doen ze dat zelf, voor een deel assisteren ze anderen daarmee, meestal bedrijven. Deze vorm van bedrijvigheid is extreem risicovol.

In een serie opstellen worden verschillende aspecten belicht van de opgaven waarvoor deze organisaties zich gesteld zien als ze een belangrijk deel van de verantwoordelijkheid voor hun continuïteit zelf moeten dragen. Wat is hun rol en positie in de infrastructuur, hoe kunnen ze de risico's beheersen en welke strategie biedt kans op een acceptabel bedrijfsresultaat?

Arthur Rörsch (1933) kreeg zijn opleiding als scheikundig ingenieur aan de TU Delft. In 1957 trad hij in dienst van het toenmalige Medisch Biologisch Laboratorium TNO van waaruit hij promoveerde op een onderwerp uit de moleculaire genetica. In datzelfde vakgebied is hij sinds 1968 hoogleraar aan de Faculteit Geneeskunde van de Rijksuniversiteit te Leiden. Vanaf 1980 maakte hij deel uit van de Raad van Bestuur van TNO. De aanleiding voor deze publicatie was zijn afscheid van TNO op 2 februari 1994. Zijn nieuwe functie is voorzitter van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (NRLO).

