

Stichting
Toekomstbeeld
der Techniek



Grenzen aan techniek

ir. A.J. van Griethuysen

STT 49

Samsom



**Stichting
Toekomstbeeld
der Techniek**

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT), in 1968 opgericht door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, heeft als doel:

- het van de ingenieurswetenschappen uit bestuderen van mogelijke toekomstige technische ontwikkelingen, in samenhang met andere maatschappelijke ontwikkelingen
- het op ruime schaal bekend maken van de resultaten van die studies om daarmee bij te dragen tot het verkrijgen van een meer integraal beeld van de toekomstige Nederlandse samenleving.

STT richt zich daarbij tot het bedrijfsleven, de overheden, het onderwijs en – uiteraard – de geïnteresseerde staatsburger.

Het adres van STT is Prinsessegracht 23, Postbus 30424, 2500 GK 's-Gravenhage, telefoon (070) 391 99 00.



Inhoud

GRENZEN AAN TECHNIEK

redactie: ir. A.J. van Griethuysen

1. Inhoud	1
2. Technische grenzen	2
3. Technische mogelijkheden	3
4. Technische problemen	4
5. Technische oplossingen	5
6. Technische innovaties	6
7. Technische ontwikkelingen	7
8. Technische toekomst	8
9. Technische ethiek	9
10. Technische wetgeving	10
11. Technische veiligheid	11
12. Technische kwaliteit	12
13. Technische duurzaamheid	13
14. Technische samenwerking	14
15. Technische kennis	15
16. Technische cultuur	16
17. Technische maatschappij	17
18. Technische filosofie	18
19. Technische geschiedenis	19
20. Technische toekomst	20

1989

Samsom Alphen aan den Rijn/Brussel

Omslagontwerp: De Boer & Van Teylingen

CIP

© MCMLXXXIX Stichting Toekomstbeeld der Techniek, 's Gravenhage

D/MCMLXXXIX/109

ISBN 90 14 038801

NUGI 859

© Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this work may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Voor de reproductie(s) zoals bedoeld in art. 16b en 17 van de Auteurswet 1912 (ten bate van eigen oefening, studie enz. en/of ten bate van organisaties, instellingen enz.) van een of meer pagina's is een vergoeding verschuldigd. Voor inlichtingen betreffende de hoogte en afdracht van de vergoeding kan men zich wenden tot de Stichting Reprorecht Amstelveen.



Inhoud

1.	Inleiding	7
2.	Techniek: motor in de vaart der volkeren	9
3.	Techniek en ethiek: noodzaak tot herintegratie	19
4.	Grenzen aan techniek:	27
4.1	Ver van hoofd- en hinderwet	27
4.2	Culturele en institutionele invloeden op technische ontwikkelingen	36
4.3	Van innovatie naar werkelijkheid	40
4.4	Techniek steeds meer in opspraak	47
5.	Interne en externe factoren bij technische ontwikkelingen	59
5.1	Astronomie	59
5.2	Meteorologie	64
5.3	Informatietechniek	70
5.4	Communicatietechniek	73
5.5	Kernenergie	77
5.6	Biotechniek en genetica	82
6.	Epiloog	89
	Organisatie van het project	93
	Literatuur	97
	STT-publikaties	99



1. Inleiding

Veel meer dan wij ons realiseren, zit onze omgeving vol met techniek. Zonder technische produkten kunnen wij nauwelijks meer leven. Techniek is voor de toekomst van de mensheid onvermijdelijk en onmisbaar. Wie zich bewust wordt van die afhankelijkheid denkt in eerste instantie vaak dat technische ontwikkelingen geheel buiten hem om plaatsvinden en dat zij niet kunnen worden beïnvloed.

Natuurlijke elementen zoals water, vuur, lucht en voedsel, zijn voor ons bestaan onmisbaar, maar teveel of te weinig ervan kan fataal zijn. De verantwoordelijkheid voor de juiste dosering ligt niet bij die elementen, maar bij onszelf. Het is met techniek niet anders: op zichzelf is zij goed noch kwaad, wij zijn het zelf die haar ten goede of ten kwade gebruiken. Als er iets fout is, dan komt dat omdat wij verkeerd, niet of te laat beslissen wat wij er mee willen doen.

Techniek is soms oorzaak van ongewenste verschijnselen, maar geeft, als wij dat willen, ook de oplossing voor de meeste daarvan. Als die oplossing er niet is, kan het nodig zijn met een bepaalde techniek of met de fabricage van een bepaald produkt te stoppen. Omgekeerd, kan het wenselijk zijn na te gaan waarom heilzame nieuwe technieken niet of te langzaam toepassing vinden. Ook kan het nodig zijn de baten van een bepaalde techniek af te wegen tegen de kosten van corrigerende maatregelen.

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT) houdt zich sinds haar oprichting op 29 februari 1968 bezig met toekomstverkenningen op vrijwel alle belangrijke gebieden van techniek, zoals verkeer en vervoer, energie, milieu, grondstoffen en materialen, biotechniek, voeding, communicatie en automatisering.

Na twintig jaar specifieke toekomstverkenningen ontstond bij de viering van het vierde lustrum de behoefte enige afstand te nemen en ditmaal eens enkele vragen te stellen van algemene en fundamentele aard, namelijk: 'zijn er grenzen aan technische ontwikkelingen en welke betekenis kunnen die hebben?'

Deze vraagstelling kwam voort uit het besef dat iedereen in de samenleving die op enigerlei wijze betrokken is bij techniek – niet alleen de technicus, maar ook de gebruiker, de manager, de beleidsmaker en de politicus – waarschijnlijk regelmatig grenzen van techniek tegenkomt, zowel in positieve als in negatieve zin.

Bij het spreken over grenzen aan techniek is het goed deze te onderscheiden van *limieten*, zoals de lichtsnelheid en het absolute nulpunt van temperatuur, waaraan niet valt te tomen. *Grenzen* kunnen echter per definitie worden overschreden of omzeild.

Een wezenlijk aspect van de huidige tijd is dat een aantal technische ontwikkelingen direct invloed heeft op het leven zelf (bijv. biotechniek, milieu-aantasting en kernbewapening) en in een aantal gevallen bovendien wereldwijde gevolgen kan hebben.

Als wij praten over technische ontwikkelingen en hun grenzen of belemmeringen kunnen wij een onderscheid maken tussen:

- interne factoren, zoals stand van de techniek, complexiteit, beheersbaarheid, kennis, vindingsrijkheid, praktische aspecten bij de realisering, enz.;
- externe factoren, zoals economie, politiek, maatschappij, bedrijfscultuur, organisatie, sociale structuur, tradities, ethische opvattingen, psychologische factoren, enz.

Vaak is het zo dat, als technische ontwikkelingen in conflict komen met de omgeving waarin zij plaatsvinden, de oorzaak van die conflicten meestal niet is gelegen in die afzonderlijke factoren, maar juist in het *verschil* in *karakter* en *dynamiek* van die interne en externe factoren.

In deze publikatie komen de volgende elementen aan de orde:

- een historische beschouwing over de ontwikkeling van natuurwetenschap en techniek;
- een filosofisch-ethische beschouwing over techniek;
- vier beschouwingen over grenzen aan techniek, met als uitgangspunt achtereenvolgens de technicus, de culturele invloeden, de organisatieleer en de zorg voor mens en milieu, als uitwerking van de voordrachten gehouden op het congres 'Grenzen aan techniek' op 8 maart 1988 in Den Haag;
- beschrijvingen van interne en externe factoren bij een aantal technische ontwikkelingen in astronomie, meteorologie, informatietechniek, communicatietechniek, kernenergie en biotechniek en genetica;
- een epiloog.

De organisatie van het project is in bijlage gegeven.

In deze publikatie wordt de vraag over grenzen aan techniek vanuit een aantal gezichtspunten aan de orde gesteld. STT hoopt daarmee de lezer voldoende stof te bieden om zijn eigen opvattingen verder te ontwikkelen.



2. Techniek: motor in de vaart der volkeren

dr.ir. A.E. Pannenburg

Techniek hoort bij de mens. De beste illustratie hiervan is wellicht een gebruikelijke definitie waarmee de mens van de hogere dieren wordt onderscheiden: in de evolutie wordt als mens gedefinieerd hij die een werktuig voor eigen gebruik vervaardigt. Hij doet dit om zich te beschermen tegen de natuur, zich te weren tegen hetgeen hem bedreigt, zijn taak in het leven te verlichten en zich het bestaan te veraangename.

Tegenwoordig vinden wij het vanzelfsprekend dat de natuurwetenschappen een hecht fundament vormen van de techniek. Dit houdt in dat de geldigheid van technische constructies stoelt op kennis van de wetten waarmee de natuurwetenschappen de wereld beschrijven. Dat impliceert voor de technicus een a priori-besef van hetgeen in principe mogelijk zou moeten zijn en van hetgeen niet mogelijk is.

De zojuist aangestipte wetenschappelijke basis van de techniek is, althans in systematische zin, een betrekkelijk recent verschijnsel. Tot minder dan honderdvijftig jaar geleden ontwikkelde de techniek zich proefondervindelijk. Los daarvan maakten de natuurwetenschappen hun eigen autonome ontwikkeling door. Interactie tussen beide velden van menselijke bezigheid vond uitsluitend incidenteel plaats. Individuen met gedegen kennis van de stand van de natuurwetenschappen en tevens met vaardigheid in en belangstelling voor technische ontwikkelingen zijn voor 1850 betrekkelijk schaars. Als voorbeelden van deze schaarse brugfiguren kunnen wij wijzen op Archimedes in de klassieke oudheid en op Gay Lussac in de eerste helft van de negentiende eeuw.

Hoezeer de wereld van de natuurwetenschappen en de wereld van de techniek los van elkaar stonden, wordt duidelijk als wij de industriële revolutie bestuderen zoals deze in Engeland zich het eerst voltrok. Door de oprichting van de Royal Society in het midden van de zeventiende eeuw was Engeland het eerste land ter wereld waar een platform werd geschapen voor uitwisseling van kennis tussen de leidende geesten in de natuurwetenschappen. De leden van de Royal Society hielden zich in de tweede helft van de achttiende eeuw bewust afzijdig van de toen inzettende industriële revolutie. Zij waren van mening dat hun métier niets van doen had met de praktische, op realisatie gerichte bezigheden van werktuigbouwers zoals James Watt. Het is ook kenmerkend voor de situatie in die tijd dat de leidende technici van de industriële revolutie in doorsnee voortkwamen uit het leerlingstelsel en niet over formele kwalificaties beschikten.

Griekse en Romeinse tijd

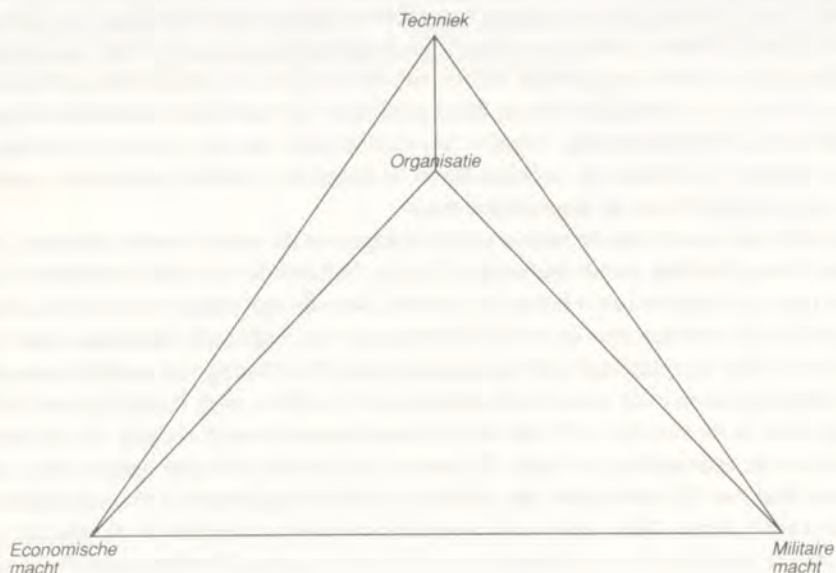
Techniek is zo oud als de mens zelf. Zoals gezegd, was in de evolutie de mens op een gegeven moment in staat werktuigen voor eigen gebruik te vervaardigen. Aanvankelijk deed de individuele mens dit voor zichzelf en zijn gezin. Toen er een samenleving ontstond, kwam er ook een arbeidsverdeling. In het Griekse Pantheon treffen wij het archetype van de technicus aan: Hephaistos. In diens persoon kreeg de technicus een profiel dat blijkbaar de gangbare opvattingen in de samenleving weergaf. Hij hinkte; hij was wat lomp in zijn gedrag. Toen hij zich na lange afwezigheid weer in de kring der Goden voegde, gaf dit aanleiding tot homerisch gelach. Hephaistos had te stellen met de vrije zeden van zijn vrouw Aphrodite. Hij zette zijn technisch kunnen in voor het maken van een net, waarmee hij zijn vrouw met haar minnaar, de oorlogsgod Ares, in bed wist te vangen, tot vermaak van de andere leden van het Pantheon.

Om het voorafgaande in hedendaags taalgebruik weer te geven: de Grieken vonden dat de technicus wel begaafd is, maar over geringe sociale vaardigheden beschikt.

In de Griekse samenleving kwam het vooral aan op het individu. In de geschiedenis leven de Grieken voort door hun grote bijdragen op het gebied van de wetenschap.

De Romeinen imponeren daarentegen vooral door hun technische prestaties. Het organisatietalent van de Romeinen lijkt evident veel groter dan dat van de Grieken. Om ten volle van de techniek te profiteren, is organisatie nodig, anders stijgt de bezigheid niet boven het ambacht uit.

De combinatie van technisch kunnen en organisatietalent is een noodzakelijke voorwaarde voor zowel economische als militaire machtsoptplooiing. Dat gold in de tijd van het Romeinse Rijk en dat geldt evenzeer vandaag (afb. 2.1).



Afb. 2.1 Afhankelijkheid van techniek en organisatie

De aanleg van wegen en bruggen in het Romeinse rijk getuigt van een hoog niveau van planning en uitvoering. Overal in Europa zijn nog Romeinse constructies te vinden. De bouw van aquaducten getuigt van een hoge ontwikkeling van de landmeetkunde, niet alleen tweedimensionaal, maar ook driedimensionaal. De centrale verwarmingssystemen met warme lucht vormen een ander voorbeeld, evenals de ontwikkeling van hefwerktuigen, die onontbeerlijk waren voor het maken van monumentale bouwwerken. Voor de vervaardiging van de wapenrusting van de Romeinse legioenen waren groot opgezette fabrieken in gebruik, waarin slavenarbeid werd verricht.

Middeleeuwen en Renaissance

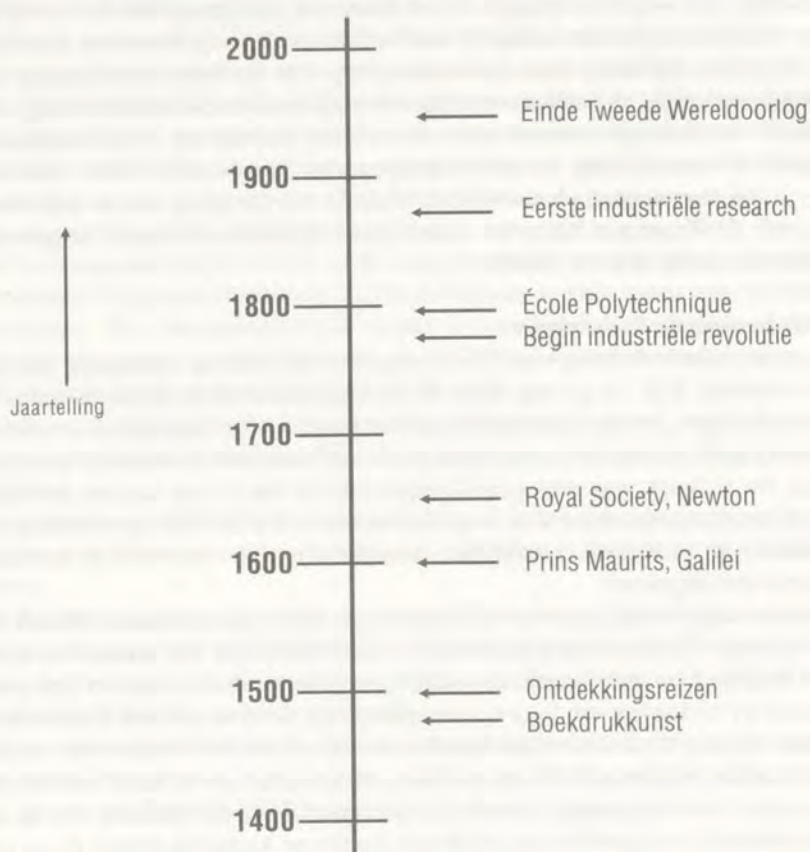
De grote Volksverhuizing van 375 tot ongeveer 575 had de ondergang van het Westromeinse Rijk tot gevolg. Toen in de Middeleeuwen de grootste wanorde was bedwongen, leefde onder de mensen het besef van het fenomenale technisch kunnen van de Romeinen voort, omringd als men was door de materiële getuigen ervan. De techniek was verregaand teruggezakt tot het niveau van het ambacht. De patroons organiseerden zich in gilden op een wijze die wij tegenwoordig als 'closed shop' aanduiden, waarbij het vakonderwijs zijn vorm vond in een wijd verbreid leerlingstelsel.

In deze vroege middeleeuwen valt Europa op door zijn isolement. Slechts de Middellandse Zeekust stond open voor invloed van buiten. Dit veranderde drastisch door de Kruistochten, die een sterk synergetisch effect tussen het Europese erfgoed en invloeden van buiten teweegbrachten. In deze periode absorbeerde Europa op zeer vruchtbare wijze basiskennis van elders. Invloeden uit de Arabische wereld, India en zelfs China speelden een grote rol. De techniek van het papier maken werd ingevoerd, evenals de zijderups. Ook in de wiskunde was de invloed duidelijk; wij spreken nog altijd van algebra en Arabische cijfers. Het is opmerkelijk hoezeer de Europeaan toen open stond voor kennis van elders. Blijkbaar dateert het 'not invented here'-syndroom, dat zo karakteristiek is voor de mentaliteit van de hedendaagse Europese ingenieur, van later tijd.

De Renaissance werd gekenmerkt door een ongekennde ontdekkingsdrift; ontdekking in wetenschappelijke en in geografische zin. De rol van de scheepsbouwtechniek is bij het laatste moeilijk te onderschatten. Geen mens ter wereld was zo op zee thuis als de Europeaan. Toen de Franse ontdekkingsreizigers in de jaren rond 1520 op weg waren om als eersten voet aan wal op het Noordamerikaanse continent te zetten, ontmoetten zij een honderd mijl uit de kust van Newfoundland landgenoten, die hun brood verdienden met de grote visrijkdom van de Atlantische Oceaan.

Voor het doorwerken van de geestelijke ontdekkingsreizen uit die periode was uiteraard de uitvinding van de boekdrukkunst van beslissende betekenis. Bij het werk van Gutenberg (afb. 2.2) ontmoeten wij overigens reeds de thans zo actuele vorm van financiering van ontwikkelingswerk door risicokapitaal, in dit geval verschaft door een rijke advocaat te Mainz.

De nu nog steeds overbekende problemen deden zich ook daar voor: de ontwikkeling van de eerste machine duurde veel langer dan aanvankelijk was toegezegd; het geduld van de geldschieter raakte op; de beloofde gouden bergen leken niet te komen.



Afb. 2.2 Markante punten in de ontwikkeling van techniek en wetenschap

Essentieel voor de doorbraak die met Renaissance wordt aangeduid, was het zich ontworstelen aan het scholastisch denken. Langzaam maar zeker werd de bronnenstudie afgelost door het experiment. Het zelfstandig creatief denken leidde onvermijdelijk tot conflicten met de Kerk, die slechts node de dogmatische dictatuur van het denken prijs gaf. Met Copernicus, Keppler en Galilei veranderde het wereldbeeld blijvend.

Gouden Eeuw

Hiermee zijn wij aangeland in het begin van de zeventiende eeuw en wel in het tijdvak dat in ons land terecht als de Gouden Eeuw wordt aangeduid. De samenhang tussen techniek en organisatie, zoals die schematisch is weergegeven in afb. 2.1, is hier ten volle geldig.

De meest essentiële hoogontwikkelde techniek in de Nederlanden was waarschijnlijk de windmolen als krachtbron. Niet alleen stelde deze de samenleving in staat de voeten droog te houden, maar zijn toepassing als graanmolen en wellicht nog meer als houtzaagmolen verschaft een voorsprong op andere landen. Laatstgenoemde toepassing diende de scheepsbouw, zowel voor de handel als voor de maritieme machtsuitoefening.

Het organisatietalent van prins Maurits verschafte hem in korte tijd de positie van leidend veldheer in Europa. Hij werd daarbij sterk ondersteund en geïnspireerd door zijn neef Willem Lodewijk. De technische inbreng werd belichaamd door Simon Stevin. Diens loopbaan is een schoolvoorbeeld van bloed dat kruipt waar het niet gaan kan. Hij begon zijn werkzame leven als boekhouder en nam als zodanig kennis van het juist in die tijd in de lage landen doorgedrongen, in Venetië bedachte systeem van de dubbele boekhouding. Dit systeem en vraagstukken over samengestelde interest wakkerden zijn belangstelling voor de wiskunde aan. Omdat zijn wiskundige belangstelling ontsproten was aan de toepassing ervan, voerde zijn door zelfstudie vergaande wiskundige kennis hem als het ware vanzelf tot technische toepassingen. Hiermee eenmaal begonnen, ontwikkelde hij zich tot een der grootste ingenieurs van zijn tijd. Prins Maurits had zich in zijn jonge jaren ook veel wiskunde eigen gemaakt. Dit was de basis voor een uitstekende samenwerking tussen die twee.

Wij wezen al op de scheepsbouwkunde als een essentiële techniek voor de machtspositie van de Verenigde Provinciën in de Gouden Eeuw. Het complementaire organisatietalent werd, wat de vloot betreft, het opvallendst geleverd door Piet Hein. Ofschoon de overlevering hem vooral associeert met de Spaanse maten van de Zilvervloot, lag zijn grootste verdienste in het opzetten van een consistente logistiek voor de oorlogsvloot. Piet Hein was van eenvoudige afkomst, zoon van een visser. Dit beroep oefende hij als jonge man eveneens uit. Samen met zijn vader werd hij gevangen genomen door de Spanjaarden, waarna hij enkele jaren als galeislaaf aan de riemen doorbracht. Na te zijn uitgewisseld, ontpopte hij zich als een groot koopman en werd hij zeer bemiddeld. Pas toen hij 45 jaar was, werd hij door de Staten van Holland benaderd met het verzoek het commando van de vloot op zich te nemen. Na enige aarzeling aanvaardde hij dit verzoek. Het is tekenend voor hetgeen hij in zijn jeugd doormaakte dat hij het eerste grote gevecht met zijn tegenstander won door 's nachts zijn matrozen in roeiboten de Baai van Bahia in te sturen. Zijn ervaring met goederenstromen die hij als koopman had opgedaan, heeft hij met groot effect vertaald in een sluitend logistiek systeem voor de vloot.

Industriële revolutie

Van het midden van de zeventiende tot het midden van de achttiende eeuw boeken zowel de techniek als de natuurwetenschappen belangrijke vooruitgang. In de tweede helft van de achttiende eeuw waren het vooral de wiskunde en de chemie die met sprongen vooruitgingen. Wij zijn dan aangekomen bij het begin van de industriële revolutie die, wederom op basis van de samenhang geschetst in afb. 2.1, Engeland in betrekkelijk korte tijd tot de grootste macht ter wereld maakte.

Wij wezen er reeds op dat de industriële revolutie voornamelijk werd gedragen door individuen die wij tegenwoordig als 'self made men' zouden aanduiden. Dit feit heeft op de lange duur in het Verenigd Koninkrijk een negatief effect gehad. De veronderstelling dat de grote ingenieurs wel vanzelf uit de praktijk naar voren zouden komen, leefde zo sterk, dat daardoor de noodzaak voor afzonderlijke ingenieursopleidingen gedurende de gehele negentiende eeuw weinig aandacht ontving. Zelfs in het woordgebruik hebben de Engelsen nooit een differentiatie aangebracht tussen de 'engineer' die handarbeid verricht, zoals de stoker op een stoomlocomotief, en de alumnus van Imperial College.

De eerste ingenieursscholen op het Europese continent hadden alle een militair karakter. Dit gold ook voor de uit de achttiende eeuw stammende *École des Ponts et Chaussées* en de *École des Mines*, die later tot de zogenaamde *Grandes Écoles* werden gerekend. De tegen het einde van de achttiende eeuw gestichte *École Polytechnique* had een afwijkend karakter, niet alleen vanwege het polytechnische, maar tevens omdat deze school behalve voor de militaire, ook voor de civiele staatsdienst opleidde.

Aan het primaat van de militaire ingenieursopleiding, dat tot het begin van de negentiende eeuw heerste, worden wij nu nog herinnerd door de betiteling 'civiel ingenieur', een titel die in de Scandinavische landen wordt verleend aan alle afgestudeerden van een Technische Universiteit.

Na 1850 begonnen de natuurwetenschappen op een snel groeiend front uitkomsten en inzichten op te leveren die het inzicht in technische mogelijkheden vergrootten. Er ontstond een wetenschappelijke basis voor een snel groeiend aantal hoofdstukken van de techniek. Het onderkennen van het belang hiervan leidde ertoe dat tussen 1850 en 1875 in Duitsland een aantal Technische Hogescholen werd opgericht. Immers, de komst van een wetenschappelijke basis voor technische vakken opende de mogelijkheid toekomstige ingenieurs niet slechts door ervaringsoverdracht, maar ook op basis van theorie te vormen.

Het Duitse model van separate Technische Hogescholen, in tegenstelling tot de toevoeging van een technische faculteit aan een bestaande universiteit, heeft navolging gevonden in vrijwel alle Duitsland omringende landen tot en met Noord-Italië. Het vergde wel geruime tijd alvorens de alumnus van een Technische Hogeschool maatschappelijk voor een academicus werd aangezien. Dit kreeg pas zijn beslag rond de eeuwwisseling, nadat in de decade daaraan voorafgaand het aantal studenten aan Technische Hogescholen in Duitsland verdrievoudigde.

Om van techniek ten volle gebruik te maken, is een hoge graad van organisatie-talent een voorwaarde. Het is dit laatste waardoor de Europeaan (en uiteraard de Amerikaan) zich in de tijd van de industriële revolutie opvallend onderscheidde van andere volkeren.

Dit geordend denken in structuren werkte door in veel facetten van de Europese samenleving, ook buiten techniek en wetenschap.

De Europese muziek heeft zich tot grotere hoogten ontwikkeld dan de muziek van welke andere cultuur dan ook. Uit de harmonieleer van Pythagoras ontwikkelde de polyfonie in de tweede helft van de vijftiende eeuw zich uiteindelijk tot de symfonie met zijn zo complexe orkestratie, een voorbeeld van combinatorisch en organisatorisch denken.

Kennisverspreiding of 'technology transfer' kan en in sommige gevallen moet een systematische en liefst professionele bezigheid zijn. Uiteraard is de mate waarin dit moet gebeuren afhankelijk van de mate waarin nieuwe techniek wordt ontwikkeld. Vele samenlevingen in het verleden hadden sterke remmen ingebouwd om industriële innovatie te verhinderen. De gilden waren een treffend voorbeeld voor dit invriezen van techniek door middel van een overheersend monopolie. Dat de techniek door de industriële revolutie zo in beweging kwam, kan niet los worden gezien van het ontstaan van het kapitalisme. Het is treffend te lezen hoe Marx en Engels, beiden zeer scherpzinnige waarnemers, dit effect beschrijven in Het Communistisch Manifest van 1848. Het kapitalistisch stelsel, zo

stelden zij, stimuleert meer dan enig ander stelsel zowel tot ophoping van kapitaal als tot technische innovaties. De nieuwe heersende klasse, de bourgeoisie, kon zich niet handhaven zonder voortdurend de produktiemethoden te verbeteren, zo mogelijk radicaal; dit in tegenstelling tot alle voorafgaande heersende klassen, die er juist belang bij hadden de status quo te handhaven, omdat veranderingen risico's inhielden voor hun voortbestaan.

Het was dan ook pas na de industriële revolutie dat met een zekere regelmaat nieuwe technische vindingen het dagelijks leven van alle burgers in de samenleving begonnen te doordringen en te beïnvloeden.

Een kort lijstje van zulke doordringende vernieuwingen bevat:

- de spoorwegen, vanaf 1830, die voor het eerst vervoer te land met een grotere snelheid dan die van het paard mogelijk maakten;
- de elektriciteit, vanaf 1880, die tegelijkertijd een revolutie in de verlichting met zich meebracht en voor de eerste maal in de geschiedenis de mogelijkheid verschafte van het overbrengen van kracht over afstand;
- de automobiel, vanaf 1920, die een totale revolutie in de mobiliteit van de mens bracht, en tenslotte
- vanaf 1980 de informatica, die thans in alle geledingen van onze samenleving begint door te dringen.

Wereldoorlogen

Hoewel het juist is te stellen dat de industriële revolutie was gegrondvest op een zich in snel tempo ontwikkelend technisch kunnen, was dit niet het enige. Het concept van kapitalisme en van concurrentie in een vrije markteconomie zijn beide even essentieel. De concurrentie tussen ondernemingen, alsmede de in nieuwe wetten vastgelegde handelings- en keuzevrijheid van ondernemingen vormden de grote drijfveer voor wat wij tegenwoordig industriële innovatie noemen. Deze drijfveer leidde niet alleen tot het systematisch ter hand nemen van technische ontwikkelingen ten behoeve van nieuwe producten en nieuwe processen, maar ook tot het opzetten van industriële researchlaboratoria, zoals dat van General Electric in Schenectady (VS) en het laboratorium dat later uitgroeide tot Bell Laboratories.

Bij het uitbreken van de Eerste Wereldoorlog bestond in de grotere industrielanden een bescheiden aantal industriële researchlaboratoria, vooral in de chemie en de elektrotechniek. Van de daar aanwezige expertise werd in de oorlog gebruik gemaakt, zonder dat dit tot een grote uitbreiding van deze research leidde.

In de periode tussen de twee wereldoorlogen verschenen de eerste organisaties zonder winst oogmerk die de uitvoering van contractresearch aanboden. In de Verenigde Staten waren dit het Mellon Institute en het Armour Research Institute (later Battelle); in Nederland werd in 1930 TNO opgericht.

Het verloop van de Tweede Wereldoorlog maakte voor het eerst aan het geïnformeerde publiek duidelijk hoezeer de toepassing van nieuwe technische uitvindingen, afkomstig uit systematisch onderzoek, beslissend is geweest voor het verloop van de oorlog. De voorbeelden zijn legio: radar, V-1 en V-2, sonar, de straalmotor en uiteraard de atoombom. De diepte en de omvang van de nieuwe techniek zouden niet zijn bereikt zonder de tijdelijke inschakeling van de meest vooraanstaande, zuiver wetenschappelijke natuurkundigen, zowel in Engeland als in de Verenigde Staten. De aangehaalde voorbeelden kunnen worden gezien als een

overweldigende bevestiging van de militaire en economische mogelijkheden die het verrichten van systematisch natuurwetenschappelijk en technisch onderzoek biedt.

De omschakeling van dit omvangrijke onderzoek- en ontwikkelingspotentieel naar de civiele industrie heeft wonderen verricht bij het bevredigen van de toen bestaande inhaalvraag naar materiële goederen.

Nog versterkt door het Spoetnik-effect en de Man op de Maan ontstond daardoor in de geïndustrialiseerde staten een vooruitgangsgeloof: de mens kan zijn eigen toekomst maken en wat hij zich voorneemt, kan hij ook realiseren. Deze ontwikkeling had diverse gevolgen. Eén ervan was dat het beroep van onderzoeker, voor de Tweede Wereldoorlog door de doorsnee burger als iets buitennissigs beschouwd, evolueerde naar een gewoon beroep. Een ander gevolg, achteraf gezien van negatieve aard, was de aanname dat wat voor natuurwetenschap en techniek gold, ook geldig zou zijn voor de sociale wetenschappen. Meer onderzoek op deze vakgebieden zou vanzelf tot betere oplossingen voeren.

De jaren zeventig

Het vooruitgangsgeloof ten aanzien van de techniek kreeg een betrekkelijk abrupt einde in de jaren 1968-1973. In zekere zin kan men stellen dat de wederopbouw van de tijdens de Tweede Wereldoorlog zo verwoeste wereld zo effectief is uitgevoerd dat de volgende generatie daarin verder geen uitdaging voor zichzelf zag. De studentenopstanden van 1968 stonden aan het begin van een periode met veel anti-gevoelens: anti-techniek, anti-meritocratie, anti-materialisme.

Het is ook in die jaren dat de discussie over de vermeende 'technological gap' tussen Europa en Amerika plaatsvond, sterk geprofileerd door J.J. Servan Schreiber in zijn *Le défi Américain* [1]. Deze discussie, vaak gevoerd met verkeerde argumenten, was toch onvoldoende om de Europeanen wakker te schudden. Het besef dat sinds de jaren vijftig voor steeds meer goederen de concurrentie verschoof van intra-Europees naar intercontinentaal, brak bij het merendeel van de nationale politieke gezagsdragers pas rond 1980 door. Langzaam, ook pas in de loop van de jaren zeventig, leidde de analyse tot het inzicht dat een achterstand van Europa in sommige industrietakken niet te herleiden was tot gebrek aan creativiteit of technisch kunnen, maar veeleer tot het niet langer adequaat zijn van de instituties.

Het getuigde overigens van kortzichtigheid dat Japan geenszins in de discussie rond de 'technology gap' werd betrokken. Toch had een Japans exportoffensief reeds in 1970 geleid tot de beëindiging van de fabricage van radio-ontvangers in de Verenigde Staten en fotocamera's in Europa. Met de opkomst van Japan als industriële macht, worden wij geconfronteerd met een nieuw economisch model. Een vrij ondernemerschap vormt de basis en daaruit vloeit een hevige concurrentie voort op de binnenlandse markt. Gelijktijdig heeft Japan een politiek van volledige imports substitutie doorgevoerd, waardoor het nagenoeg autarkisch is geworden (behoudens uiteraard voor grondstoffen) en het thans heftig met de wereldwijde handelspolitieke spelregels botst.

'1992' en daarna

Wij moeten ons geen illusies maken dat het tempo van technische vernieuwingen in de afzienbare toekomst zal afnemen. De activiteiten die op technische vernieu-

wing zijn gericht, zijn veel te omvangrijk geworden en te systematisch in het gehele maatschappelijk systeem ingebouwd. Miljoenen hooggekwalificeerde ingenieurs en onderzoekers zijn er dagelijks mee bezig.

De rol van centrale overheden met betrekking tot wetenschap en techniek is de laatste tientallen jaren sterk toegenomen. In de Europese staten met hun liberaal-economische traditie uit de negentiende eeuw was aanvankelijk de toepassing van techniek een zaak van het vrije bedrijfsleven. De overheid beperkte haar taak tot het instandhouden van een octrooiwetgeving als onderdeel van het wereldwijde octrooisysteem en tot het doen geven van onderwijs in de techniek. Daarnaast zag zij, na het wegvallen van het mecenaat door vorsten en rijke burgers, bevordering van de zuivere wetenschap als haar taak.

De toen in ons land gehanteerde bundeling van verantwoordelijkheden was karakteristiek: een ministerie voor Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen. Uit de toenmalige bundeling kunnen wij een conclusie trekken die thans nogal eens vergeten wordt: de drijfveer tot bevordering van zuivere wetenschapsbeoefening ligt zeer dicht bij de drijfveer tot bevordering van kunst. In beide gevallen ligt daaraan ten grondslag de verantwoordelijkheid medeburgers die uitgerust zijn met ongewone en zeldzame talenten, in staat te stellen hun gaven te ontplooiën.

Dit is een geheel ander argument dan het vandaag overheersende, namelijk natuurwetenschap te bevorderen als basis voor toegepaste wetenschap en techniek, dat wil zeggen wegens het economisch belang. In feite staat dan het absorberen van nieuwe wetenschappelijke kennis van elders centraal, een bezigheid, die, gegeven het specialistisch karakter ervan, alleen door actieve onderzoekers kan worden verricht. Dat dit mechanisme economisch zijn vruchten afwerpt, wordt bewezen door Japan en Italië, landen met een bloeiende industrie, maar met slechts een bescheiden bijdrage aan de vooruitgang van de zuivere natuurwetenschappen.

Aanleiding voor een zwaardere rol van de staat ten aanzien van natuurwetenschap en techniek was meervoudig. In de eerste plaats leidde het steeds massaler gebruik van technische producten in de samenleving tot problemen die zonder regulering van bovenaf niet te beheersen zijn. In de tweede plaats begonnen gebruik en voortbrenging van deze producten in hoge mate het beeld van de economie te bepalen. Ten slotte hadden enkele takken van wetenschap, vooral de fysica en de astronomie, behoefte aan uiterst kostbare installaties om hun onderzoek aan het front van de wetenschap voort te zetten.

Wetenschap en techniek zijn door hun aard grensoverschrijdend. Het behoort tot de essentie van het beoefenen ervan dat men zich blootstelt aan de kritiek van de beste vakcollega's. Deze wisselwerking beperkt zich niet tot een enkel continent: Amerikaanse collega's, vaak geboren Europeanen, spelen hierbij een belangrijke rol. De laatste tien jaar is er veel in Europa gedaan om onderzoekers en ingenieurs ertoe te brengen hun werk in Europees verband te verrichten. Dat helpt en legt een basis voor de toekomst.

Ook de grote ondernemers in Europa bundelen hun krachten om de druk op te bouwen die moet leiden tot een beter georganiseerd continent. Het is verheugend te zien hoe in de allerjongste tijd ook de verantwoordelijke politici deze signalen hebben begrepen. Het in Brussel ontketende nieuwe élan onder het motto 'op naar 1992' belooft veel voor de toekomst [2, 3].



3. Techniek en ethiek: noodzaak tot herintegratie

dr. L.Ch. Fretz

Morele problemen zijn altijd ingewikkeld. Dat is zeker het geval met de sociaal-ethische dilemma's die het gevolg zijn van de ontwikkeling van wetenschap en techniek. Simpele oplossingen zijn niet voorhanden en er is alle reden op te passen voor lieden die menen de waarheid in pacht te hebben en zich expliciet of impliciet beroepen op een vermeende ethische deskundigheid. Bijvoorbeeld zoals sommige filosofen en theologen, die soms de indruk wekken dat men uit het werk van Plato of Marx of uit de bijbel rechtstreeks concrete gedragsvoorschriften kan afleiden die ons uit de morele impasse halen waarin wetenschap en techniek ons hebben gevoerd. Hoe gevaarlijk dergelijke suggesties zijn, heeft de geschiedenis genoegzaam bewezen. Met Plato of Marx of met de bijbel in de hand zijn heel wat gruweldaden begaan. En met dezelfde geschriften kunnen wellicht ook nu weer heel wat verwerpelijke beslissingen worden gelegitimeerd.

Er zijn gelukkig ook andere, meer 'gesecculariseerde' theologen en wijsgeren. Zij weten goed dat hun specifieke deskundigheid hen geenszins machtigt recepten af te geven ter genezing van door wetenschap en techniek veroorzaakte morele klachten. Dikwijls echter krijgen zij de rol van wonderdokter opgedrongen door verontruste, integere wetenschapsbeoefenaren, die zichzelf niet tot morele oordeelsvorming in staat achten en deze met de beste bedoelingen, maar wel geheel ten onrechte, aan vermeende ethische deskundigen overlaten.

Deze houding is het gevolg van de boedelscheiding tussen wetenschap en ethiek, zoals die vandaag een feit is. Zij is het produkt van vijf eeuwen wetenschapsgeschiedenis, waarin zich uiteindelijk een rationaliteitsconcept heeft ontwikkeld, dat geen ruimte biedt aan een synthese van verstand en gevoel, van hoofd en hart, maar veeleer een zuiver instrumentalistisch karakter heeft. Voor een oplossing van de wetenschaps-ethische vraagstukken van de moderne techniek lijkt het noodzakelijk dat deze boedelscheiding ongedaan wordt gemaakt. Onze maatschappij zit niet zozeer om ethici verlegen – hoewel die best nodig zijn – maar veeleer om ethische wetenschapsbeoefenaren. De integratie, of wellicht beter: de herintegratie van wetenschap en ethiek lijkt de enige begaanbare weg naar een oplossing voor de wetenschaps-ethische problemen van onze tijd.

Bij het aftasten van de ethische grenzen aan de techniek zal geen casuïstiek worden bedreven. Er zullen in dit hoofdstuk geen uitspraken worden gedaan als: 'Vorm (x) van genetische manipulatie met planten is wel, vorm (y) is niet goedgekeurd', of: 'behandelingsmethode (a) in de medische zorg is wel, methode (b) is moreel niet toelaatbaar'. Een filosoof heeft de bevoegdheid tot dat soort oordelen

niet. De theoloog trouwens evenmin. Wel kan hij in wetenschaps-ethische aangelegenheden op minstens drie manieren een vruchtbare bijdrage leveren:

- door de ethische vragen die aan allerlei technieken kleven zo te formuleren, dat duidelijker wordt wat nu eigenlijk wordt gevraagd en tot welke morele consequenties de mogelijke antwoorden zouden kunnen leiden;
- door het ter discussie stellen van morele criteria waaraan technisch handelen zou kunnen of moeten worden getoetst;
- en ten slotte door het in herinnering roepen van een basismoraal van waaruit mensen met verantwoordelijkheidsbesef en dus ook nadenkende technici en industriëlen hun werk zouden behoren te doen.

In het hierna volgende wordt geprobeerd enige stimulerende opmerkingen te maken over deze drie taakstellingen.

3.1 ETHISCHE VRAGEN

Het formuleren van ethische vragen die aan allerlei technieken kleven, geeft al direct aanleiding tot een paar kritische bedenkingen.

Vaak wordt de indruk gewekt dat door de techniek te verdelen in een aantal deelsystemen, tevens het vraagstuk van de ethische grenzen van de techniek kan worden verdeeld in deelvragen. Daarmee zou men dan het vraagstuk van ethische grenzen van een bepaalde techniek kunnen isoleren van de morele problemen die ontstaan naar aanleiding van de introductie van andere technieken.

Verstandiger lijkt het eerst de vraag naar de ethische grenzen van de techniek in het algemeen te stellen, om vervolgens te kijken waar men uitkomt bij de morele beslissingen over de deelsystemen. Juist omdat de moderne techniek als een *systeem* functioneert, is het onverantwoord moreel te dokteren aan een technisch deelsysteem, zonder de repercussies daarvan op andere deelsystemen daarbij te betrekken.

Door het vraagstuk van de ethische grenzen van de techniek te richten op een deelsysteem wordt ten onrechte gesuggereerd dat men over de techniek in één bepaalde sector, bijvoorbeeld de biotechniek, zou kunnen spreken zonder tevens te raken aan het gebruik van deze techniek in andere sectoren van de samenleving, bijvoorbeeld de industrie en de gezondheidszorg. Juist bij het voorbeeld van de biotechniek is het immers typerend dat de grenzen tussen landbouw en industrie beginnen te vervagen. En het is evenzeer bekend dat de vervagende overgang tussen veterinaire en humane gezondheidszorg allerlei morele problemen kan oproepen.

Wij beperken ons nu tot een nadere reflectie op de vraag: wat zijn in het algemeen de ethische grenzen van de techniek?

Daartoe eerst iets over wat de Franse techniekfilosoof Jacques Ellul in zijn studie, *Le système technicien* [4] over de relatie tussen techniek en ethiek te berde brengt.

Ellul is ervan overtuigd dat de moderne techniek een systeem is dat geheel autonoom door zijn eigen wetmatigheid wordt beheerst. Hij erkent weliswaar dat er enige wisselwerking is tussen die techniek enerzijds en de politiek, de economie

en de moraal anderzijds, maar dan omdat die techniek altijd binnen een bepaalde politieke, economische en morele context wordt bedreven. Hij gelooft echter niet dat deze sectoren de techniek ook werkelijk sturen. Het omgekeerde is zijns inziens het geval. Over de relatie, of beter, non-relatie tussen techniek en ethiek merkt hij – samengevat – het volgende op:

- De techniek staat geen moreel ideaal voor ogen, zij is er niet op uit bepaalde waarden te verwerklijken en zij streeft niet een bepaalde deugd of een bepaald goed na.
- De techniek verdraagt geen enkele morele beoordeling. De technicus tolereert geen enkele inmenging in zijn werk van de kant van de ethiek.
- Omdat de techniek geen enkel ethisch oordeel verdraagt, accepteert zij ook niet om een morele reden te worden tegengehouden. Het is gewoonweg absurd tegenover een technisch noodzakelijk geachte operatie aan te komen met oordelen over goed en kwaad.
- Voor de moderne mens spreekt het vanzelf dat alles wat wetenschappelijk is ook legitiem is. En dus is ook alles wat technisch is voor hem legitiem.
- Omdat de mens niet buiten een moraal kan en omdat de techniek geen inmenging van de kant van de huidige ethiek verdraagt, creëert de techniek op haar beurt een nieuwe ethiek. Wat in naam van wetenschap en techniek wordt gedaan, is wèl gedaan. Zij eist van de mens een aantal deugden, zoals precisie, bescheidenheid, toewijding enz.

Men zou deze typering van de verhouding tussen techniek en ethiek van Ellul kunnen lezen zoals men de schets van de relatie tussen politiek en ethiek van Machiavelli (1469-1527) kan interpreteren [5]. De Heerser (*Il Principe*) is hier alleen niet de vorst, de politicus, maar de technicus. Wil de technicus zijn macht niet verliezen, dan moet hij zich vooral niets aan de ethiek gelegen laten liggen.

Bij het lezen van Machiavelli is het niet zo gemakkelijk volledig greep te krijgen op diens eigen opvattingen: *beschrijft* hij het politieke machtsspel om beter te laten zien, hoe het – moreel gezien – in de politiek eigenlijk niet zou behoren te gaan, of *legitimeert* hij de politieke realiteit ook?

Bij Ellul is het veel duidelijker wat hij beoogt. Hij laat de autonomie van het technisch systeem zien en daardoor wordt tegelijk zichtbaar hoezeer de moraal daarin ontbreekt. Zijn beschrijving bevestigt het beeld dat MacIntyre in *After Virtue* [6] geeft van het proces van vijf eeuwen wetenschapsgeschiedenis. Sinds de zestiende eeuw zijn volgens MacIntyre verstand en gevoel, hoofd en hart, feit en norm steeds verder uit elkaar gegroeid, met het desastreuze resultaat dat wij vandaag de domeinen van wetenschap en ethiek als strikt gescheiden beschouwen.

Evenmin als Ellul en MacIntyre hebben vele wetenschapsbeoefenaren vandaag vrede met deze stand van zaken en zijn zij op zoek naar een nieuwe synthese van verstand en gevoel, van wetenschap en ethiek, naar een nieuwe rationaliteit en naar normen voor hun wetenschappelijk en technisch handelen die niet uitsluitend uit wetenschap en techniek voortkomen, maar tevens door een ruimer moreel besef worden gevoed.

3.2 MORELE CRITERIA

Van Francis Bacon (1561-1626) stamt de uitspraak: 'Natura non vincitur nisi pa-

rendo'. De natuur overwint men slechts indien men haar gehoorzaamt. De betekenis van Bacon voor de ontwikkeling van de moderne natuurwetenschap is omstreken, zoals bijvoorbeeld Dijksterhuis opmerkt in zijn wetenschapshistorische werk *De mechanisering van het wereldbeeld* [7]. Sommigen zien in Bacon een van de belangrijkste grondleggers van de moderne natuurwetenschap, anderen daarentegen achten het overdreven hem zo'n rol toe te kennen. Hoe dit ook zij, uit wetenschapsfilosofisch gezichtspunt is Bacon in ieder geval van betekenis omdat hij wordt geassocieerd met de introductie van het inductieve waarheidsmodel, waarin aan observatie en experiment een cruciale rol in de wetenschappelijke theorievorming wordt toebedeeld. De breuk met de Aristotelische traditie wordt nog steeds aan zijn naam gekoppeld.

In de zojuist geciteerde uitspraak wordt een methodologisch beginsel geformuleerd, dat suggereert dat men de natuur slechts kan beheersen indien men haar wetmatigheid naspeurt en niet daarmee in strijd handelt.

Bij het zoeken naar mogelijke criteria waaraan het huidige technische handelen zou kunnen of moeten worden getoetst, is het op z'n minst interessant na te gaan of Bacons methodologische beginsel, dat mede aan de wieg van de moderne natuurwetenschap heeft gestaan, ook vandaag nog geldigheid bezit en of het wellicht ook als wetenschaps-ethisch beginsel dienst zou kunnen doen. Deze vraag klemmt des te meer, omdat bijvoorbeeld in de biotechniek de nieuwe mogelijkheden tot manipuleren van plant en dier, onder andere met de recombinant-DNA-techniek, een tot dusver ongekennde vorm van natuurbeheersing met zich meebrengen. Velen, waaronder ook deskundige biologen en deskundige vertegenwoordigers uit andere deeldisciplines vragen zich af of bij deze manipulatie niet zodanig grenzen worden overschreden, dat de natuur op fatale wijze zal terugslaan.

Alvorens het Baconiaanse beginsel op zijn eventuele *morele* hanteerbaarheid te toetsen, wordt ingegaan op de *methodologische* betekenis ervan. Daartoe verplaatsen wij ons in de rol van de kritische burger die de wetenschapsbeoefenaar vraagt naar de mogelijke negatieve effecten van zijn werk.

Stel dat de wetenschapsbeoefenaar, de bioloog, de fysicus, de chemicus enz., antwoordt: 'Nee, uit methodologisch gezichtspunt handelen wij in het geheel niet in strijd met Bacons beginsel. Wij hebben de natuur in de hand en wij gehoorzamen haar. Op geen enkele wijze is te vrezen dat door ons onomkeerbare fatale processen op gang worden gebracht.' Op grond van zo'n antwoord moet de burger aannemen dat de risico's van de moderne techniek zijn in te perken en dat hij in de uitoefening van zijn grondrechten, zoals recht op leven, door de wetenschapsbeoefening niet wordt aangetast. Ook zijn gezondheid wordt – zo moet hij dan veronderstellen – niet bedreigd.

Maar het kan ook zijn dat de wetenschapsbeoefenaar antwoordt: 'Ja, uit methodologisch perspectief handelen wij volstrekt in strijd met Bacons woorden. Wij gehoorzamen de natuur niet meer en kunnen haar derhalve ook niet meer beheersen. Milieucatastrofen zijn op den duur dan ook niet uit te sluiten.'

Hoe de beoefenaren van wetenschap en techniek ook antwoorden, zolang zij redelijk unaniem zijn, weet de burger waar hij aan toe is. In het eerste geval zal hij waarschijnlijk rustig gaan slapen, in het laatste geval zal hij zijn democratische rechten aanwenden om de wetenschap te beletten zijn grondrechten te schenden

en zijn leven in gevaar te brengen.

Helaas is de situatie thans zo, dat er van een redelijke consensus onder de deskundigen over een aantal belangrijke zaken geen sprake is. De ene deskundige zegt dit, de andere dat, met het gevolg dat de burger ongerust is.

Die ongerustheid heeft een fundamenteel karakter. Het is niet zomaar een irrationele angst, die het gevolg is van een gebrek aan informatie en die op niets berust, neen, het is een bezorgdheid die juist het gevolg is van deskundige informatie, die echter *niet consistent* is, terwijl het om zoiets belangrijks als de mogelijke aantasting van grondrechten gaat.

Deze methodologische exercitie geeft de gelegenheid een opmerking te maken over de wijze waarop zou moeten worden omgegaan met *ongemotiveerde* angst bij het publiek voor nieuwe technieken. Wel, ongemotiveerde angst is dikwijls het resultaat van verkeerde voorlichting en van manipulatie van de publieke opinie door wetenschapsbeoefenaren en journalisten die soms met opzet, maar dikwijls ook op hun beurt door een gebrek aan goede informatie, mensen op het verkeerde been zetten. De enige remedie tegen deze vorm van angst is steeds weer opnieuw met geduld en begrip misverstanden uit de weg ruimen en onjuiste informatie door juiste vervangen.

Naast deze ongemotiveerde angst is er echter ook de *gemotiveerde* angst, waarover hiervoor werd gesproken. Het zou van groot gebrek aan verantwoordelijkheidsbesef getuigen deze weg te wuiven met termen als 'irrationeel', 'wetenschapsvijandig', 'hysterisch' en dergelijke. Zij geeft namelijk uitdrukking aan een ongerustheid die door vele *deskundigen* wordt gedeeld. Die angst negeren is een vorm van onwetenschappelijk, oncollegiaal en agressief gedrag over de hoofden van het grote publiek heen naar die wetenschapsbeoefenaren die oprecht voor de gevaren uitkomen die mogelijk aan hun werk kleven.

Hoe met deze angst redelijk is om te gaan, heeft de geschiedenis rond het DNA-onderzoek geleerd. In de jaren zeventig hebben vooraanstaande onderzoekers zelf opgeroepen tot een moratorium van recombinant-DNA-onderzoek. Nu zijn de deskundigen het erover eens dat de mogelijke risico's toen werden overschat en dat veel van het onderzoek in gewone of in licht beveiligde laboratoria kan worden gedaan, zonder dat dit risico's voor de bevolking met zich meebrengt.

Het is niet denkbeeldig dat veel van de huidige onrust over nieuwe technische toepassingen, zoals die onder vakgenoten en *dientengevolge* (laten we deze causale relatie niet over het hoofd zien) onder het publiek heerst, wederom kan worden weggenomen omdat opnieuw een redelijke mate van consensus wordt bereikt. Zolang die er echter niet is, is er alle aanleiding uiterst terughoudend te blijven. Voor de integere wetenschapsjournalisten die ons land rijk is, ligt hier een belangrijke begeleidingstaak.

Terug naar Bacon. Kan het 'Natura non vincitur nisi parendo' (de natuur overwint men slechts indien men haar gehoorzaamt) ook als criterium ter toetsing van de *ethische* toelaatbaarheid van bepaalde technieken, in het bijzonder van de moderne biotechniek worden gehanteerd? In eerste instantie komt dit ons uiterst dubieus voor. Schellekens en Visser laten in hun boek *De genetische manipulatie* [8] zien hoe eugenetische bewegingen rond de eeuwwisseling en in de eerste helft van deze eeuw een grove Darwinistische gehoorzaamheid aan de natuur predik-

ten die uiteindelijk tot gruwelijke en misdadige praktijken heeft geleid.

Verstandiger lijkt het bij de woorden 'gehoorzaamheid aan de natuur' in herinnering te brengen dat de mens, die de natuur door wetenschap en techniek leert beheersen, zelf tegelijk ook deel van die natuur is en dat derhalve een beheersing van de natuur slechts mogelijk is indien men niet alleen haar wetten gehoorzaamt, maar tevens luistert naar de zedenwet in onszelf. Wetenschappelijke en technische beheersing van de natuur zonder moreel besef is blind en leidt niet alleen tot het onder andere door Mooney in zijn *Seeds of the Earth* [9] aan de orde gestelde, zorgwekkende fenomeen van de genetische erosie, maar tevens tot de morele erosie waaronder wij vandaag te lijden hebben. Onder morele erosie wordt hier het verschijnsel verstaan, dat het rijke en gevarieerde morele erfgoed uit onze humanistische en joods-christelijke traditie steeds meer verschrompelt tot een eendimensionale technicistische imperatief die luidt: 'Alles wat technisch mogelijk is moet'.

Maar trouw aan de tradities van onze cultuur als noodzakelijke voorwaarde ter voorkoming van morele verloedering, betekent geenszins een oorlogsverklaring aan de huidige wetenschappelijke en technische cultuur. Integendeel, een traditioneel georiënteerde ethiek die geen rekening houdt met nieuwe wetenschappelijke verworvenheden, biedt geen zicht op uitkomst uit de huidige morele dilemma's. Anders gezegd: wetenschap zonder ethiek is weliswaar blind, maar ethiek zonder wetenschap is leeg.

Wat wij nodig hebben, is een herintegratie van wetenschap en ethiek in die zin dat wetenschap en techniek zelf zich erom bekommeren aan traditionele normen en waarden een eigentijdse inhoud te geven.

Aan het begin van dit betoog is de frase 'ethische wetenschapsbeoefenaren' geïntroduceerd. De betekenis van deze woorden wordt nu nader gepreciseerd. In een klein, juist nu weer actueel geschrift formuleert de Duitse filosoof Immanuel Kant tegen het eind van zijn leven zijn opvattingen over het probleem van oorlog en vrede. In dit in 1795 gepubliceerde boekje met de titel *Zum ewigen Frieden* [10] verdedigt Kant onder andere de stelling, dat een rechtvaardige en vreedzame internationale orde slechts kan bestaan, indien soevereine staten hun interne zaken rechtvaardig en democratisch hebben geregeld (Kant gebruikt het woord 'republikeins', maar hij bedoelt daarmee ongeveer wat wij in een moderne westerse samenleving onder 'democratisch' verstaan).

Rechtvaardige, democratische staten op hun beurt bestaan zijns inziens slechts dan, indien 'moralische Politiker' (ethische politici) daarin een beslissende stem hebben. Ethische politici zijn dan die politici, die in overeenstemming met de ethiek politiek willen bedrijven. Kant zet ze af tegen de zogenaamde 'politische Moralisten' (politieke moralisten), waaronder hij die politici verstaat, die zich bij hun werk niets aan de ethiek gelegen laten liggen, maar machtspolitieke imperatieven tot morele normen verheffen.

Met zijn pleidooi voor ethische politici rekent Kant af met de opvatting dat een Machiavellistische machtspolitiek de enig mogelijke politiek is en dat integratie van politiek en ethiek het einde van de politiek zou betekenen.

Het lijkt dat niet alleen de scheiding tussen politiek en ethiek die Kant wilde opheffen, maar ook die tussen wetenschap en ethiek ongedaan moet worden gemaakt. Wij hebben vandaag geen behoefte aan 'wissenschaftliche Moralisten',

die zich bij hun werk niets aan de ethiek gelegen laten liggen. Wij hebben behoefte aan 'moralische Wissenschaftler', ethische wetenschapsbeoefenaren dus, die in overeenstemming met fundamentele morele beginselen over de werkelijke en mogelijke toepassingen van hun werk willen nadenken. Politiek zonder ethiek leidt tot een verzieking van het internationale politieke klimaat en tot noodlottige oorlogen. Wetenschap zonder ethiek zal ons met de grootst mogelijke mate van waarschijnlijkheid eveneens tot groot nadeel strekken. Het samengaan van wetenschap en ethiek leidt geenszins tot een aantasting van het vrije onderzoek of tot een ideologisering van wetenschap en techniek. Integendeel, ethische wetenschapsbeoefenaren zullen er juist op toezien dat politiek en ideologie bij het bedrijven van wetenschap op afstand blijven. Wetenschappelijke moralisten echter, die de technicistische imperatief tot een morele willen verheffen, zijn degenen die de vrije wetenschap in gevaar brengen, de kans op ideologisering van wetenschap en techniek vergroten en nieuwe vormen van fascisme en technofascisme dichterbij brengen.

3.3 EEN BASISMORAAL

Een minimale ethische consensus is ons inziens een noodzakelijke voorwaarde voor een stabiele, pluriforme, democratische samenleving, een samenleving waarin ruimte is voor een veelheid aan levens- en wereldbeschouwingen en voor een onbelemmerde beoefening van wetenschap en kunst. De vraag is: kunnen wij het – ongeacht onze levensbeschouwelijke en politieke voorkeuren – eens worden over een aantal morele basisbeginselen, waaraan ons handelen – ook ons wetenschappelijk-technisch handelen – zou moeten voldoen.

Geconfronteerd met deze vraag, tot slot aandacht voor de opvattingen van de Britse filosoof Warnock. In zijn *The Object of Morality* [11] bekritiseert hij het zogenaamde utilisme in al zijn varianten. Zijn bezwaren richten zich tegen het feit dat het utilisme slechts één hoogste moreel basisbeginsel erkent: het grootste geluk voor het grootste aantal mensen. Zijns inziens liggen aan ons handelen meer morele beginselen ten grondslag. Volgens Warnock laten mensen zich bij hun doen en laten door minstens vier ethische principes leiden. Hij noemt ze basisdeugden. Uiteraard erkent hij wel dat er meer deugden bestaan, zoals moed, doorzettingsvermogen, geduld, matigheid enz. Maar dit zijn – zo stelt hij – geen basisdeugden. Ook een slecht mens immers bezit sommige van deze deugden soms in hoge mate, terwijl hij toch zeer verwerpelijke daden pleegt.

De basisdeugden zijn volgens Warnock:

- 'non-maleficence' (niet-kwaadwilligheid)
- 'fairness' (billijkheid, rechtvaardigheid)
- 'beneficence' (goedwilligheid) en
- 'non-deception' (niet-leugenachtigheid).

Volgens Warnock is er geen hiërarchische ordening van deze beginselen mogelijk. Zij hebben alle gelijke geldigheid. En omdat wij mensen regelmatig in situaties verkeren waarin wij deze vier beginselen niet alle tegelijk kunnen honoreren, betekent dit dat de basisdeugden met elkaar kunnen conflicteren. Soms bijvoorbeeld moet men – afhankelijk van de situatie – 'non-deception' laten prevaleren boven 'beneficence' en omgekeerd.

Ellul merkte op dat de deugden die centraal staan in een moraal die uit de techniek als systeem wordt afgeleid, onder andere zijn: precisie, bescheidenheid en toewijding. Het zal duidelijk zijn dat men deze deugden in hoge mate kan bezitten wanneer men wetenschappelijk-technisch bezig is, en tegelijk uiterst verwerpelijke resultaten kan bewerkstelligen. Dit komt omdat het – evenals de zoëven genoemde moed, geduld, matigheid en doorzettingsvermogen – geen *basisdeugden* zijn. Wanneer men zich echter bij zijn wetenschappelijk werk door Warnock's basisdeugden laat leiden, wordt de kans dat men moreel verwerpelijke dingen doet aanzienlijk geringer.

Wanneer men de moderne wetenschap en techniek veilig tussen de Scylla van een verkeerd begrepen waardenvrijheid en de Charybdis van een kortzichtige opvatting over maatschappelijke relevantie wil doorlootsen, dan lijken de basisdeugden van Warnock betrouwbare bakens. Door deze in acht te nemen, voorkomt men enerzijds een botte wetenschappelijke en technische a-moraliteit en anderzijds een platvloers utilisme. Ethische wetenschapsbeoefenaren zijn mensen die met respect voor de vier basisdeugden de vrije kennisverwerving voorstaan en de verworven kennis in dienst willen stellen van huidige en toekomstige generaties. Uiteraard geldt ook voor hen, dat zij regelmatig in situaties terechtkomen waarin de basisprincipes met elkaar in botsing komen en over prioriteit van de beginselen moet worden beslist. Een goed voorbeeld daarvan is de conflictsituatie waarin biotechnici vandaag verkeren. De 'non-deception' en de 'non-maleficence' gebieden dat zij het publiek zonder enig vooroordeel voorlichten over de mogelijke risico's van het werk waarmee ze bezig zijn (bijvoorbeeld bepaalde open-veldexperimenten). De 'beneficence' vergt dat door deze openhartigheid de positieve ontwikkelingen van letterlijk levensbelang voor huidige en toekomstige generaties niet worden vertraagd, terwijl de 'fairness' voorschrijft dat bij de introductie van nieuwe technieken in de landbouw met de belangen van de ontwikkelingslanden evenzeer rekening wordt gehouden als met die van onze geavanceerde westerse samenlevingen.

3.4 HERINTEGRATIE VAN WETENSCHAP EN ETHIEK

Met de laatste opmerkingen over Warnock's basisdeugden zijn wij terug bij de stelling die aan het begin van dit stuk werd geponeerd. Een herintegratie van wetenschap en ethiek lijkt – zo werd beweerd – de enige begaanbare weg naar een oplossing voor de wetenschaps-ethische problemen van onze tijd. Warnock's basisdeugden zijn niet typisch christelijk, marxistisch of wat dan ook. Zij zijn algemeen menselijk van aard. Aanvaarding daarvan impliceert geen ongewenste vermenging van wetenschap met levensbeschouwing of ideologie. Respect voor deze deugden voorkomt deze vermenging juist en verhindert tevens dat intelligente mensen die met het bedrijven van wetenschap en techniek hun geld verdienen, in een infantiele en gevaarlijke a-moraliteit vervallen.



4. Grenzen aan techniek

Op 8 maart 1988 organiseerde STT ter gelegenheid van haar twintigjarig bestaan een congres over het thema 'Grenzen aan techniek'. Vier sprekers gaven ieder uit een zeer specifieke invalshoek een systematische kijk op het thema.

Deze invalshoeken waren: techniek, cultuur, organisatieleer en zorg voor mens en milieu.

Vier zeer uiteenlopende en soms tegengestelde visies waren het resultaat. In bewerkte vorm zijn zij in dit hoofdstuk weergegeven.

4.1 VER VAN HOOFD- EN HINDERWET

prof.dr.ir. K. Teer

Met 'Grenzen aan Techniek' heeft STT een zeer boeiend onderwerp gekozen, maar tegelijkertijd de inleiders op een immens werkteerrein neergezet.

Eerste vraag: zijn er grenzen aan techniek?

Ja, die zijn er. De volksmond heeft daar een plumpe, maar pregnante uitdrukking voor, die ook de technicus in bescherming neemt: 'Een gek kan meer vragen dan honderd wijzen kunnen beantwoorden'. Bijvoorbeeld: een Jaguar voor een rijksdaalder, echte televisie (dat wil zeggen ver kijken naar een plek volgens eigen keuze), de oceaan een graadje kouder en wij een graadje warmer, een werkend middel tegen verkoudheid of een blijvend functionerende fietsverlichting. Dat zijn verlangens die de technische mogelijkheden van vandaag overschrijden.

Tweede vraag: wat bedoelen wij met grenzen? Bedoelen wij limieten, asymptoten, slagbomen, frontlijnen of horizonten?

Bijvoorbeeld: niet méér transistors per vierkante centimeter dan wat de frontlijn van vandaag toelaat? Geen betere kwaliteit op de compact disk omdat wij tegen de asymptoot van de menselijke perceptie aanlopen? Geen kleiner detail in het fotomasker dan de limiet van de golflengte toestaat? Niet hoger en sneller vliegen vanwege de slagboom die het gebied van de propellervoortstuwing afbakent? Een preventie van ongeremde celgroei aan de verre horizon?

Derde vraag: welke techniek bedoelen wij? Civiele techniek, medische techniek, elektrotechniek, koudetechniek?

Kortom, de schrijver voelt zich op een chaotisch terrein geparachuteerd, dat hij eerst moet aanharken voordat hij zijn eigen visie kan planten en eventueel kan laten opbloeien.

Daarbij moet nadrukkelijk worden vermeld dat aan dit essay over 'Grenzen aan techniek' op zichzelf ook grenzen worden gesteld:

- Wat echt niet kan, wordt niet besproken. Wij zullen niet onderzoeken wat de natuurwetten ons als ontoegankelijk gebied opleggen.
- Wat fatsoenshalve niet kan, wordt ook niet in beschouwing genomen. Wij zullen niet onderzoeken wat een mogelijk neveneffect aan maatschappelijke hinder ons verbiedt. Dat komt in volgende paragrafen aan de orde. Vervuiling, vervreemding, verloederding, vervlakking en verlaging, kortom: hinder voor de naaste en voor onszelf, is geen discussiepunt in dit verhaal.

De eerste uitsluiting laat (in berusting) het onbereikbare onbereikbaar, de tweede is een manhaftige poging de problemen door scheiding der variabelen aan te pakken.

Wij zullen ons ophouden ver van hoofd- en hinderwet, dat wil zeggen ver van de hoofdwetten van de thermodynamica en ver van de hinderwet in onze wetboeken en wij zullen kijken naar wat de ingenieur in zijn primaire creativiteit belemmert. Deze werkwijze leidt tot een derde restrictie. Wij zullen ook de economische wetten niet eerbiedigen, althans niet rechtstreeks.

Wij maken onderscheid tussen de technische innovator en de technische ontwerper. En wij beperken ons in dit verhaal tot de problemen van de eerste. Beide heren zullen de prijs/prestatieverhoudingen in het oog houden. Echter, de innovator uitsluitend als eindwaarde in de tijd, en de ontwerper als direct criterium voor de zin van zijn handelen. Immers voor de technische innovator speelt geld aanvankelijk geen rol, als hij het tenminste eenmaal heeft. Hij vertoeft, zou je kunnen zeggen, in een soort Bommels gebied aangeduid met de toegangsborden 'Verzin een list jonge vriend' en 'Voor een heer van stand speelt geld geen rol'. In de kiem dus geen geldzorgen bij de creatie. Dat is een groot gerief voor de technische onderzoeker.

Wij concentreren ons dus op de technische onderzoeker die op weg is naar het existentiebewijs van zijn aspiratie en - binnen redelijke grenzen - het prijskaartje nog even buiten beschouwing laat.

En er is nog een ander gerief waarin hij zich mag verheugen: hij staat op de schouders van zijn voorgangers. Wat zij goed gedaan hebben, hoeft hij niet over te doen. Hij neemt plaats op de toppen van het kunnen van zijn collega's en daarmee is de kans groot dat zijn inspanning de mens een stukje hoger doet reiken. Groter dan bij zijn intellectuele buurlieden: economen, sociale-wetenschapsbeoefenaren, ethici of filosofen.

Goed, de man is hiermee gekozen. Nu zijn werkterrein. Het gaat om 'Grenzen aan techniek', dus dienen wij de blik op het geheel te richten. Gezien de onmogelijkheid in dit boek de techniek als geheel te behandelen, moeten wij met grote, ongenueanceerde stappen door het terrein heenlopen. Ongenuanceerd ook in die zin, dat wij de verkaveling in vakgroepen of bedrijfstakken (zoals die aan universiteiten en het ministerie van Economische Zaken bestaan) negeren, maar volgens een pragmatische ingenieursvraagstelling segmenteren.

Wat is er nodig? Voedsel, huisvesting, verwarming, informatie en vervoer. Dus: voedseltechniek, bouwtechniek, energietechniek, informatietechniek en vervoers-techniek.

Wat zijn de hulptechnieken die daarbij worden toegepast? Exploratietechniek,

materialentechniek en produktietechniek. En als dat gelukt is, moet de zaak in stand worden gehouden met militaire techniek, medische techniek en milieu-techniek.

Wat zijn nu de karakteristieken van de grensgebieden bij deze elf sectoren van techniek?

Wel, voedseltechniek en medische techniek worstelen met een toenemende complexiteit aan fysiologische verbanden.

Milieutechniek en exploratietechniek worstelen met een steeds sterker ervaren complexiteit van de geologisch-ecologische wereld. Elk relevant en behulpzaam antwoord levert nieuwe noties van ongekende verbanden, maar ook vooruitgang.

Informatietechniek verstrengelt zich in toenemende mate met cognitieve verschijnselen en elk succesvol experiment is tevens een sterke aanduiding dat het iets ingewikkelder ligt dan wij meenden.

Energietechniek, militaire techniek en delen van exploratietechniek worstelen met toenemende extra-ordinaire fysische en chemische ambities. De zelf ontwikkelde specificaties van hun doelstelling zijn moeilijk te realiseren.

Bouw-, vervoers- en produktietechniek tenslotte zijn ongeveer klaar en kunnen ruwweg presteren wat zij willen.

Ziehier een snelle, grove respons op de vraag naar de grenzen aan techniek.

Wij zullen nu onze aandacht richten op de ingenieur die in het grensgebied vertoeft.

Op elk moment is er natuurlijk een frontlijn, tot waar de techniek is gekomen. En daarbij hoort een visie, een vooruitzicht hoe ver het zal kunnen komen in de toekomst. Dat is de weg die de deskundigen voorzien en die met inspiratie en transpiratie en volgens een zeker tijdschema zal moeten worden afgelegd.

De interessante vraag is natuurlijk: welke variabelen hebben de grens bereikt? Eenvoudige, harde en kwantitatieve zoals snelheid, aantal of sterkte? Of genuanceerdere begrippen als rendement, trefkans of opbrengst? Of nog vagere criteria als comfort of bevrediging?

En voorts de vraag of het bijvoorbeeld bij de fiets gaat om het transport*middel* of om de transport*functie*. En als het om het middel gaat, gaat het dan om de allure zelf of om de allure in samenhang met de kwaliteit van de infrastructuur en de capaciteiten van de gebruiker?

Van dat probleem wil ik mij op eenvoudige manier afmaken. Ik delegeer dat aan de betrokken technische gemeenschap. De plaats waar op een bepaald moment, bij een bepaalde technische oplossing, de ingenieurs samendrommen – overigens niet altijd om verantwoorde en expliciete redenen – bepaalt per definitie de aard van de prestatie en de aard van de grens. Dan hoeven wij ons niet meer te verdiepen in wat men nastreeft, maar heeft het wel zin ons af te vragen waaraan men de grens refereert. Meestal neigt men naar een relatieve positiebepaling en richt men zich op fysische grenzen. Die zouden in dit hoofdstuk niet aan de orde worden gesteld, maar dat wil niet zeggen dat zij niet als baken worden gebruikt bij het opstellen van de ambities. In het algemeen bevinden wij ons nog mijlen ver van de verboden zone in het direct te behandelen I-P-diagram en is het werkteerrein groot.

Men kan zich echter ook richten op de grenzen van de gebruikers. De fiets hoeft

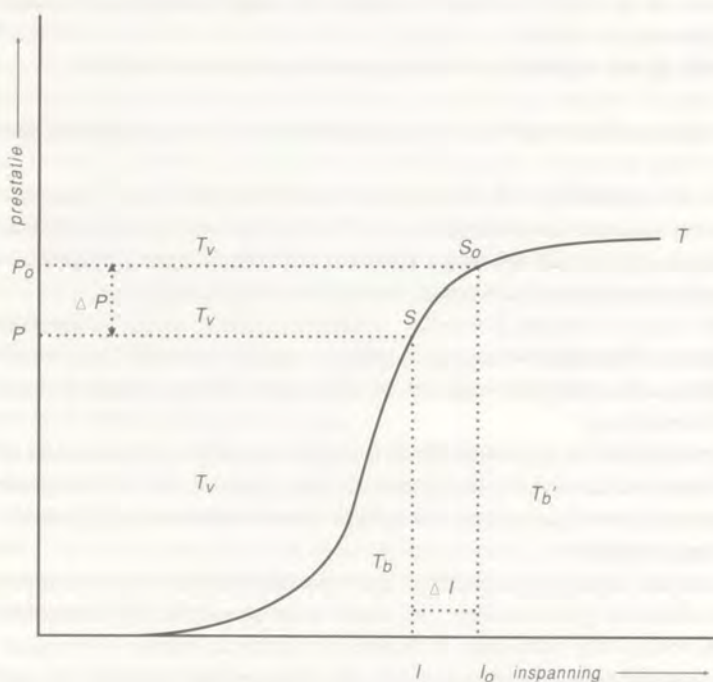
niet beter te zijn dan de topper uit het menselijk ras kan hanteren. En de geluidskwaliteit van audio-apparatuur hoeft niet beter te zijn dan de menselijke perceptie.

En dan kan men zijn prestaties ook nog afmeten naar wat de natuur er zelf van kan. Het oor is beter dan de beste microfoon en onze taalvaardigheid is beter dan de vertaalmachine, om over fotosynthese maar niet te reppen.

Toch is dat niet algemeen geldig. De televisiecamera is wel minder dan het oog, maar de infraroodkijker kan meer. Voortbewegen doen technische objecten stukken beter dan de mens.

In feite weten wij het sinds mensenheugenis: de techniek kan grotere prestaties leveren dan de natuur, maar wel binnen een door de natuur zelf gesteld beperkt en rechtlijnig geheel.

De innovatie heeft dus op elk moment een frontlijn bereikt, en de technicus heeft een oordeel over het opschuiven van die frontlijn in de toekomst.



Afb. 4.1 I-P-diagram, prestatie P van techniek T door inspanning I

Men zou dit kunnen verbeelden in een I-P-diagram (afb. 4.1).

P staat voor prestatie. In een bepaalde oplossingsrichting van techniek T streeft de onderzoeker bij verkregen prestatie P van zijn object of werkwijze naar de volgende versie met de naast hogere P , delta- P hoger.

I staat voor de materiële en intellectuele inspanning aan inzicht, creativiteit en realisatie die voor P nodig is. Delta- I is dus de inspanning die nodig is om van de ene naar de volgende uitvoering te komen. De beginwaarde van I is wat arbitrair,

want hoeveel moet ik meenemen aan geaccumuleerde kennis en inzichten op het gebied van wetenschappelijke techniek die nodig zijn voor de eerste P-waarde in het diagram? Hoe dat ook zij: in de oorsprong is er een kritische inspanning nodig om de techniek T voor het eerst te laten werken, en die inspanning is gesuperponeerd op wat voordien aan kennis en kunde al voorhanden was.

Veelal verloopt de inspanning monotoon en rechtevenredig met de prestatie, misschien zelfs wel een stuk verticaal; dat gedeelte van het traject is het minst interessant. Belangrijk is dat op een gegeven ogenblik een vergroting van P een sterke vergroting van I vraagt. Wij zijn in techniek T met het gerealiseerde object tot het punt I_0/P_0 gekomen, aangeduid als S_0 . En er is in het totale gebied een zone te ontwaren T_b (dat wat bereikt is) en een zone T_b (dat wat men denkt te kunnen bereiken) en tenslotte een verboden zone T_v , die men niet kan bereiken.

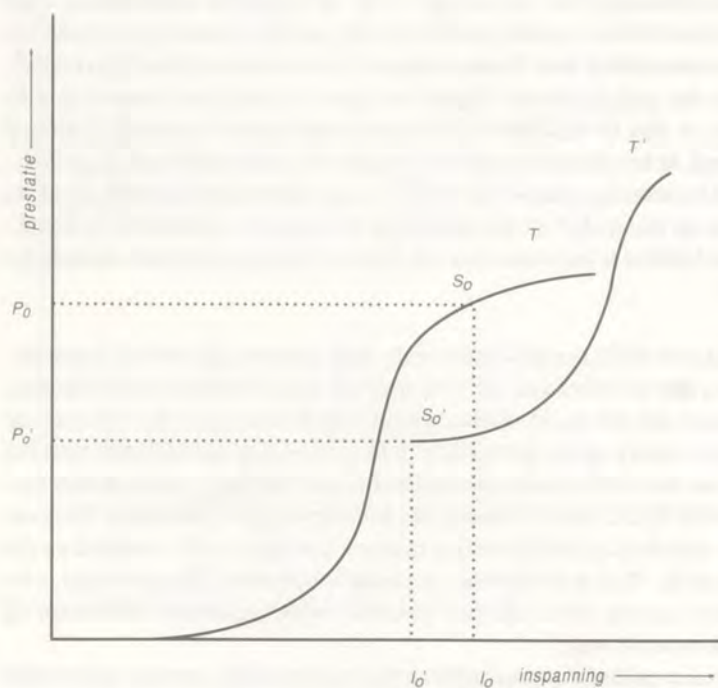
Daar waar de kromme in het diagram steeds meer horizontaal gaat lopen, vinden wij de technicus die willens en wetens de weg met rechthoekige bezetenheid volgt en langzamerhand steeds meer kritische opmerkingen begint te horen waaruit blijkt dat hij misschien in het absurde bezig is, zoals: 'brute force', 'complexity', 'explosion', 'megalomanie', 'prestige-object' en de moderne uitroep 'waar zijn we toch in hemelsnaam mee bezig'. Het stadium van de computer met duizenden radiobuizen, de quadrofone muziekweergave, een chipfabriek waarvan 85% nodig is als airconditioning voor de overige 15%, of medische doorlichting waar mensen in magneetvelden worden geschoven die zonder voorzorg spontaan het stalen ziekenhuismeubilair naar binnen zuigen. In hoeverre wij hier blijvend absurd bezig zijn, dan wel de situatie binnen tien jaar als gangbaar in ons dagelijks leven opnemen, is niet te voorspellen. De resistentie van het absurde is niet op voorhand bekend. Is het absurd op tien km hoogte met anderhalf maal de geluidssnelheid en een buitentemperatuur van -65°C te aarzelen tussen een bloody Mary en een whiskey on the rocks? Is het absurd op de maan te wandelen? Is het absurd drie miljard dollar te besteden aan het in kaart brengen van onze menselijke dubbele helix?

Het absurde ligt niet altijd aan het eind van de weg, het kan ook aan het begin liggen. Vinden wij aan het eind van die weg meestal het technische establishment, bij het absurdisme aan het begin vinden wij juist de dwarsligger, de vrijbouter, de dissident die zich dwars op het gevestigde denkpatroon een tunnel baant naar het beloofde land van het verlossende alternatief. En laten wij hem vooral in bescherming nemen, want hij kan ons verlossen van het heersende I-P-dilemma. Er is namelijk nog een ander adagium over wijze mannen dan dat van die honderd en die ene gek, en dat luidt: 'The wise men said it could not be done. The poor fool, who did not know this, simply did it.' En hier is wat de wijze mannen ervan zeiden bij het begin van de nieuwe weg:

- De buik, de borst en de hersenen zullen altijd gesloten blijven; een wijs en humaan geneesheer dringt daarin niet binnen (Sir John Eric Erichsen, lijfarts van koningin Victoria, 1837).
- Het is uitermate onwaarschijnlijk dat een algemeen systeem voor passagiersvervoer ooit sneller zal gaan dan tien mijl per uur (Thomas Tredgold, Engels spoorwegontwerper, 1835).
- Dat de automobiel zo ongeveer de grenzen van zijn ontwikkeling heeft bereikt,

- moge blijken uit het feit dat in het afgelopen jaar geen verbeteringen van ingrijpende aard meer zijn geïntroduceerd (Scientific American, 1909).
- Het is duidelijk dat de mogelijkheden van het vliegtuig als oplossing voor het verlangen van de mens om te vliegen zijn uitgeput (Thomas A. Edison, 1895).
 - Als men werkelijk raketten de ruimte in wil schieten, wordt men geconfronteerd met problemen van zo fundamentele aard dat wij het idee wel als wezenlijk onuitvoerbaar van de hand moeten wijzen (Richard van der Riet Wooley, Engels astronoom, 1936).
 - Er bestaat geen enkele kans dat de mens ooit de energie van het atoom zal kunnen aftappen (Robert A. Millikan, 1923).
 - Er is niet de geringste aanwijzing dat kernenergie ooit bereikbaar zal zijn (Albert Einstein, 1932).
 - Wie van de transmutatie van atomen een bron van energie verwacht, kletst in de ruimte (Ernest Rutherford, 1933).

Het zijn niet altijd een handvol 'poor fools', maar soms ook betrekkelijk reguliere troepen, die op zoek zijn naar een alternatieve oplossing. Maar wie het ook doet, als er succes op volgt, is het resultaat in het I-P-diagram dat wij tunnellen naar een nieuwe wereld.



Afb. 4.2 Doorbraak tot het voorheen 'verboden gebied'

Dat brengt ons bij een andere kromme in het I-P-diagram (afb. 4.2) die van de wereld van oplossing T'. Deze verleent ons toegang tot het voorheen verboden

gebied. Over de preciese ligging van de curve T' ten opzichte van T kunnen wij lang discussiëren. Bovendien zijn er vele varianten. In ieder geval markeert deze kromme een nieuw gebied.

Hoe weten wij nu dat een doorbraak aanstaande is, dat die waarschijnlijk of zelfs mogelijk is? Helaas zitten wij in zo'n situatie altijd in een turbulentie, zodat wij het geordende laminaire beeld van de vooruitgang niet kunnen toepassen. De turbulentie van heftige leerstelligheid, technisch-wetenschappelijke xenofobie, ponteneurs van deskundigen en, anderzijds, barokke fantasterij, wetenschappelijke insubordinatie en complete verrassing. Niemand weet vooraf hoe resistent het absurde is. Het aanleggen van een tunnel, wanneer die althans te bestemder plekke uitkomt, is zonder twijfel de aanbevolen werkwijze. Helaas kan daaromtrent geen algemene leer worden onderwezen.

Het intellectuele instrument is dus *absurdisme*, non-conformisme of vrijdenkerij. Er is ook een tweede 'a', en dat is *alertheid* (of beter: serendipiteit als dat met een 'a' zou beginnen).

De derde 'a' is *associatie*, het leggen van een ogenschijnlijk bizar verband tussen twee ver van elkaar liggende stukjes wetenschap en techniek, bijvoorbeeld tussen topologie en thermodynamica, tussen geluidsregistratie en getallentheorie. En dan: associatie niet alleen als cognitieve vaardigheid, maar ook als sociale confrontatie. Sinds jaar en dag prediken wij het multidisciplinaire gedrag. In zijn meest sociale vorm komen wij dat tegen bij de veelbesproken expertsystemen. Meer dan een sprong in het computerdenken, zijn die de verrassende uitkomst van de confrontatie van de creatieve ambitie op het ene terrein en de deskundigheid op het andere terrein.

Absurdisme, alertheid, associatie en de welbekende abstractie, de vier a's, zijn dus, afgezien van een ordinaire zaak als geld, de gereedschappen die de ingenieur, samen met zijn technische hulpmiddelen en doorzettingsvermogen, moet inzetten ter verovering van het onbegaanbare werkterrein. Onbegaanbaar door de van nature gegeven complexiteit en ook door de wildgroei van zijn eigen bedenksels. In die door mensenhanden geschapen complexiteit zetelt naast het zeer grote, het zeer sterke en het zeer kleine, ook het ingewikkelde van zijn concepties.

Als voorbeeld kijken wij naar de informatietechniek. Daar is de complexiteit in optima forma manifest. Zo is daar het dresseren van de fysische weerbarstigheden om details op een schaal van 1:100.000 te beheersen. Op een kleurenfoto of bij een Boeing 747 is dat ook het geval, echter met twee fundamentele verschillen. Ten eerste is het detail van de informatiechip een autonoom detail los van alle correlatie met de omgeving. En in de tweede plaats moet dat detail van het macroniveau af met onomkeerbare handelingen worden gerealiseerd. Je kunt er geen mens in laten kruipen om het ter plekke in mini-omgeving op orde te brengen. Het is alsof je een wereldstad in één keer tot op de stoeprand nauwkeurig moet neerzetten, met handen ter grootte van die wereldstad.

Dat is nog niet alles. Wanneer die materiële daad succes heeft gehad, komt juist de weg vrij voor de ambitie daarvan gebruik te maken. Ofwel de intellectuele uitdaging een concept van miljoenen afzonderlijke autonome details te bedenken, te omvatten en te beheersen. Het is niet veel anders dan het safety proof schrijven van miljoenen softwareregels om een informatiemachine te instrueren. En dat is

moeilijker dan het schrijven van een twintigdelige encyclopedie zonder taal- of schrijffouten. Want bij die encyclopedie is veel meer foutentolerantie en samenhang.

En zo heeft de informatietechnicus op twee fronten met de natuurlijke vaardigheden te worstelen. Eenmaal om de cognitieve functies te imiteren, zoals spraak, verstaan, beeldherkenning of vertaling; en andermaal om die vaardigheden goed aan te wenden voor het ontwerpen van het produkt zelf.

Welke is de tunnel die zal worden gegraven?

Een nieuwe wiskunde van het verdelen en heersen, of van het bewijzen van correctheid, of van fundamentele complexiteit, of juist van chaos?

Een nieuw periodiek systeem der cognitieve elementen?

Een voorbeeld nemen aan de natuur, waar details werkelijk autonoom zijn, in die zin dat ze ook de vrijheid hebben en nemen zichzelf te organiseren en aan te passen; lerende, zelf-organiserende machines dus?

Of juist toch een complete verrassing uit een onverwachte hoek?

Of is er geen tunnel en blijft ons niets anders over dan de barokke weg in te slaan naar de asymptoot die misschien een klein beetje wil wijken?

Hier komen wij in het gebied waar voorspellen bijna onmogelijk is. Wel kunnen wij aan de hand van een waar gebeurde geschiedenis proberen analogieën te vinden.

Want het is bekend dat waar de leer niet sterk is, het betoog vervalt in casuïstiek. Dat is niet alleen zo in business-scholen of in leerboeken van de parapsychologie.

Rond het midden van deze eeuw werd de televisie geïnstalleerd. Een ingenieur uit die tijd ervoer dat als een technische triomf, maar ook als een technisch absurdum. De televisie had namelijk ruim 1000 maal zoveel ruimte nodig in ether en kabel als de vertrouwde radio. En ruim 2000 maal zoveel als een telefoongesprek. En dat alles onder het opkomende besef dat bij de gangbare televisieprogramma's slechts een uiterst kleine hoeveelheid informatie werd geleverd vergeleken bij wat er in deze communicatieruimte mogelijk was. Dan doel ik niet op het omroepbestel of de commerciële televisie. Wat dat betreft is er geen verschil tussen de meest fascinerende BBC-productie en het meest kijker-ontorende onbenul van quiz-programma's. Neen, het gaat er om wat de mens kan verwerken. Zo werkt de televisie met 25 beelden per seconde. In principe kunnen die allemaal verschillend zijn. Dat betekent dat een half uur televisie neerkomt op een lezing met 50.000 lichtbeelden. En dat kan

niemand volgen.

Die ingenieur uit de jaren vijftig verzond een list: hij probeerde het beeld voor de uitzending zo te coderen, dat alleen de essentiële informatie werd overgezonden. De rest kon dan te bestemder plekke worden afgeleid. Het zenderpark stond er weliswaar al, maar een rechtstreekse transatlantische transmissie was niet mogelijk. Bovendien leek het toen nog wel aantrekkelijk over hetzelfde net meer programma's te zenden. Voor de codering was een computer nodig. Hoe meer computer, hoe beter de essentie uit het programma was te halen en hoe minder ruimte nodig was in de ether of op de kabel.

Het dreigde vast te lopen op de inzichten van informatie-extractie en menselijke perceptie. Afgezien nog van de kamers vol elektronica.

Toen werd er een tunnel gegraven. De hulp kwam niet van vakgenoten, maar uit de ruimtetechniek en in het bijzonder van de heer Clarke, die het onzinnige voorstel

deed geostationaire satellieten als antenne te gebruiken. Daardoor ontstond de mogelijkheid van transatlantische verbindingen zonder beeldcodering en zonder omslachtige cognitieve en perceptionele experimenten.

De ingenieur zocht andere werkgelegenheid.

Totdat een nieuwe behoefte aan de orde werd gesteld, een nieuwe vorm van beeldcommunicatie: de beeldtelefoon. Niet één zender en miljoenen kijkers, maar iedere kijker ook een zender. Dat deed een nieuw appèl op de kabeltransmissie, want iedereen moest met iedereen worden verbonden.

De ingenieur gordde zich wederom ten strijde. Hij had het nu wat gemakkelijker, want de elektronica was inmiddels goedkoper geworden. Maar zijn inzicht in menselijke informatieverwerking was niet erg gegroeid. Weer bleef hij steken, wel iets dichterbij een oplossing, maar toch niet zo dat het gerief de moeite waard was.

Toen werd er een tweede tunnel aangelegd naar het land van het grotere transmissievermogen. Niet voor een grotere reikwijdte, maar voor het lokale en nationale net. Ditmaal kwam de bevrijding uit de materiaalkunde, met glas en AlGaAs (aluminium, gallium, arsenicum). De optische communicatie werd gelanceerd.

De beeldtelefoon is er nog niet, want tussen existentiebewijs en het dagelijks leven liggen praktische belemmeringen. Maar er wordt aan gewerkt.

Inmiddels was er weer een nieuwe behoefte aan de orde gesteld door de werkers aan de verbeelding: betere en scherpere televisie, high definition televisie. Uitvoering van dat gerief langs de rechtlijnige weg van de vakman, vraagt een viervoudige spectrale breedte en leidt dus tot een nog absurdere verhouding tussen wat nominaal en wat werkelijk overgezonden wordt. En zelfs met satelliet en glasvezel is dat toch wel een onbeheerst gebruik van communicatiecapaciteit.

Dus is de ingenieur ten derde male op weg in het weerbarstige terrein om een informatiemachine te bouwen die weglaat wat niet nodig is, en een andere die uit luttele gegevens afleidt wat daaruit allemaal valt af te leiden. De elektronica is in ieder geval weer goedkoper geworden. Maar de vaardigheid informatieverwerking te vinden die naadloos aansluit bij de menselijke vermogens, zal weer zwaar op de proef worden gesteld. De afstandelijke omstanders menen de grenzen van zijn kunnen met een zekere scepsis te moeten becommentariëren. Niemand weet of er al een tunnel, en zo ja welke, in aanleg is.

Het einde van bovenstaande geschiedenis is nog niet bekend, maar zij illustreert wel goed hoe moeilijk het is iets zinnigs te zeggen over de toekomstige richting die de techniek die in het grensgebied van de huidige mogelijkheden verkeert, zal opgaan.

Het is zeker een van de taken van STT deze processen te volgen waarin ingenieurs op weg zijn naar het absurde van de extrapolatie, of naar het absurde van het alternatief. Misschien ook is STT in sommige gevallen op weg naar een wijze, berustende aanvaarding van de grenzen aan techniek.

4.2 CULTURELE EN INSTITUTIONELE INVLOEDEN OP TECHNISCHE ONTWIKKELINGEN

dr. B. Hawrylyshyn

Ongeveer drieduizend jaar geleden ontstonden er, met grote tussenpozen, in de oosterse wereld belangrijke technische vernieuwingen. Eerst in China, later ook in India en in de islamitische wereld. Daarna was Europa eeuwenlang de bron van technische vooruitgang. Daar ontstonden ook de eerste ideeën over hoe het proces van uitvinding en vernieuwing kon worden gestimuleerd.

Vervolgens werd de leidende positie overgenomen door de Verenigde Staten en de laatste twintig jaar is het erop gaan lijken dat Japan op de eerste plaats gaat komen. Niet zozeer vanwege de hoeveelheid innovaties, maar door de kwaliteit en de gebruikswaarde van hun produkten.

Innovatie

In het proces van innovatie zijn drie elkaar enigszins overlappende fasen te onderscheiden: de ontdekking (de eigenlijke innovatie), de vernieuwende toepassing en de verbreiding tot algemeen gebruik.

Deze fasen worden alle drie beïnvloed door de cultuur, de economische structuur en de maatschappelijke instituties. De cultuur is daarin een verzameling waarden, overtuigingen en gedragingen.

Culturele waarden spelen een belangrijke rol in het al of niet stimuleren van het proces van ontdekking en uitvinding. In hoeverre laten die waarden toe te onderzoeken, nieuwsgierig te zijn, vragen te stellen, of af te wijken van gangbare meningen? Eer of prestige, valt dat mensen met originele ideeën ten deel, of worden zij daarvoor juist gestraft?

Ook de economische structuur heeft grote invloed op het proces van innovatie waarmee ideeën worden omgezet in nuttige produkten, processen en diensten. Belangrijk daarbij is of in die economische structuur mensen het recht en de vrijheid krijgen initiatieven te ontplooiën en technisch vernieuwend bezig te zijn, en evenzeer of er een stimulans van de markt uitgaat en een financiële beloning in het vooruitzicht wordt gesteld.

Verder is er de invloed van de maatschappelijke instituties, vooral de instellingen van onderwijs en wetenschap, maar ook de kapitaalmarkt. Daarbij doen zich vragen voor als: Hoe groot is de afstand tussen wetenschap, productie en markt? Wat voor soorten kapitaalmarkt zijn er en welke risico's willen financiers nemen?

Dit zijn allemaal factoren die bevorderend of belemmerend werken op het proces van innovatie en vooral op de verbreiding tot algemene, commerciële toepassingen.

Wat zijn nu de culturele en institutionele invloeden op de technische ontwikkelingen?

China, Islam

In het oude China stonden de wijsgeren in hoog aanzien. Observeren, reflecteren, deduceren, concluderen en tot nieuwe ideeën komen, vormden een legitieme en gewaardeerde activiteit. Maar de machtsstructuur en vooral de steeds grotere centralisatie – zoals bijna anekdotisch gesymboliseerd werd door het monopolie van de keizer om de tijd bij te houden – werkten geleidelijk als een steeds grotere

domper op de geest van vernieuwingsdrang.

Geruime tijd later waren islamitische landen technisch in opkomst. Daar was één van de prikkels tot het ontwikkelen van nieuwe ideeën afkomstig van de Grieken, namelijk het erfgoed van de filosofie en de wiskunde. Maar de Islam lijkt – ook in het verleden – uiteindelijk een rem te zijn op technische vindingrijkheid en innovatie. Wellicht omdat er nauwelijks of geen onderscheid wordt gemaakt tussen de spirituele en de wereldse gebieden van de menselijke belangstelling.

Het Westen

In de westerse wereld wordt de christelijke godsdienst aangehangen met één God en één waarheid. Deze godsdienst zegt dat de mens werd geschapen naar het beeld van God en werd voorbestemd meester te zijn over de natuur. Een dergelijke achtergrond heeft de westerse mens er haast instinctief toe gebracht een wetenschappelijke methode te ontwikkelen die nodig was om de waarheid te ontdekken over wat er in de natuur gebeurt. Zo hebben wij gezocht naar het verband tussen oorzaak en gevolg van fysische verschijnselen. Dat heeft geleid tot een steeds grotere stroom van ontdekkingen.

Voegen wij daar aan toe de invloed van het economisch systeem, in het bijzonder van de vrije onderneming, die gekenmerkt wordt door winstprikkel, zo hoog mogelijke toegevoegde waarde, particuliere eigendom, vrije markt en, althans in het verleden, een beperkte rol van de overheid, dan zien wij dat een dergelijke structuur een stimulans is voor initiatief en innovatie, en dus vooruitgang in technische ontwikkeling.

De Verenigde Staten

In de Verenigde Staten is die stuwende kracht altijd ruim voorhanden geweest. Alleen al door de ruimte en de rijkdom van de omgeving werd de mens uitgedaagd tot grote, vaak individuele inspanningen om het uitgestrekte en lege continent te bedwingen. Daardoor werden de mensen gestimuleerd naar buiten te treden. Dat was ook toegestaan op grond van hun religieuze en filosofische achtergrond. De filosofie van de Renaissance, de humanistische filosofie, erkende de idee van de waardigheid en het belang van het individu, het recht van het individu zich te doen gelden, naar buiten te treden, zichzelf te ontplooien en zo naar vervulling van zijn uiteindelijke doel te streven. De pionierscultuur in de Verenigde Staten bracht nog meer met zich mee, namelijk de droom dat je van krantenjongen miljonair kunt worden, dat je binnen tien jaar van een bedrijfje in de garage kunt uitgroeien tot multinational. Dat heeft een extra impuls gegeven aan het hoge tempo van innovatie de laatste twee à drie decennia.

Een ander gevolg is dat 80 tot 85% van de technisch geschoolde mensen op een of andere manier verbonden is met een productie- of distributiebedrijf.

De Sovjetunie

Hoe is de situatie in de Sovjetunie? Wat zijn de invloeden daar?

Er zijn daar een paar significante vorderingen gemaakt op specifieke gebieden van de techniek, zoals de ruimtevaart en vooral de militaire techniek; daar liggen zij niet ver achter op de Verenigde Staten.

De wetenschap als zodanig staat zeer hoog aangeschreven in de Sovjetunie. Het niveau van de wetenschap is behoorlijk hoog. Maar de fundamentele wetenschap-

pelijke kennis wordt over het algemeen slechts beperkt aangewend voor nuttige processen, produkten en diensten. Vandaar de bezorgdheid van de huidige Sovjetleiders hoe zij de structuur, niet alleen van de economie maar van de hele maatschappij, moeten veranderen om het land op een hoger technisch en een efficiënter economisch plan te brengen.

Een van de belangrijkste redenen voor het beperkt toepassen van de wetenschappelijke kennis is dat er geen stimulans uit de markt bestaat. Die kan ook niet bestaan in een centraal geleide economie, waarin slechts een handjevol mensen in het centrum beslist wie wat moet produceren, met welke grondstoffen en voor welke prijs. Bovendien is in het Sovjetsysteem het halen van de kwantitatieve produktiedoelstellingen een belangrijke maatstaf voor succes. Het bezig zijn met innovatie verstoort in de ogen van de ondernemingsdirecties de verwezenlijking van die doelstellingen en dus besteedt men daaraan geen geld en tijd. Daarbij komt nog dat zo'n 85% – het tegenovergestelde van de Verenigde Staten – van alle academici (in omvang het grootste corps ter wereld) verbonden is aan centrale organisaties als universiteiten, researchinstituten of een van de vele takken van de Russische Academie van Wetenschappen. Dat staat er bijna borg voor dat zij zich niet inlaten met de transformatie van hun wetenschap tot praktische en commerciële nuttige zaken. Het is eigenlijk een op zichzelf staand wereldje waarin men het liefst zoveel mogelijk interessante artikelen schrijft om indruk op elkaar te maken.

Er is in dat land dus een schrille tegenstelling tussen een hoog wetenschappelijk peil en een achtergebleven techniek. Behalve bij het militaire en het ruimtevaartprogramma, daar werkt men met welomschreven specificaties, prioriteiten en doelstellingen. Daar gaat wel een stimulans van uit.

Er is dus ruim voldoende wetenschappelijke kennis in de Sovjetunie en men kan er een beroep op doen als het doel maar duidelijk genoeg is geformuleerd.

Japan

In Japan zien wij weer andere culturele invloeden. De voornaamste godsdienst, het Shinto, kent vele goden, waaronder de familiegoden. Daaruit volgt dat er niet één schepper is en dat de mens geen uniek schepsel kan zijn. Daarom ziet de mens zichzelf niet verheven boven andere schepselen, maar wil daar een deel van zijn. Daar handelt hij ook naar: hij ziet zelfdiscipline en het vermijden van conflicten als belangrijke deugden. Die waarden vormen een belangrijk criterium in zijn gedrag en de intermenselijke verhoudingen. Deze religieuze waarden zijn nog versterkt door de uit China afkomstige filosofische leer van Confucius, die zaken als loyaliteit, toewijding, gehoorzaamheid en discipline als de grootste deugden beschouwde.

De culturele waarden worden weerspiegeld in de manier waarop Japanners problemen oplossen. Dat doen zij niet door alternatieven tegen elkaar af te wegen, maar door geleidelijk een gemeenschappelijk begrip over de aard van het probleem te ontwikkelen vanuit een breed scala van verschillende invalshoeken. De oplossing rolt daar dan uit als een nevenprodukt van dat gemeenschappelijke begrip.

Bekijken wij nu het na-oorlogse economisch systeem in Japan, dan zien wij dat het systeem van de vrije onderneming eerst een ongebreidelde import van techniek uit de rest van de wereld bevorderde. Daarmee werden sterke bedrijven ge-

kweekt. De zwakkere bedrijven werden niet kunstmatig in leven gehouden, zoals dat in West-Europa en ook in de Verenigde Staten een tijd lang gebeurde. Dat betekende dat alle bedrijven die technisch achterbleven, snel werden weggesnoeid, terwijl bedrijven met toekomst werden gesteund. In de instituties worden dan de fundamentele verschillen met de westerse wereld zichtbaar.

Dit wordt het beste geïllustreerd aan de hand van een citaat uit een toespraak in 1979 door Konosuke Matsushita:

'Voor u (Westerlingen) is de essentie van management dat u de ideeën van de bazen laat komen en de uitvoering bij de arbeiders legt. Voor ons (Japanners) is de kern van management het mobiliseren en op een lijn brengen van de intellectuele vermogens van alle werknemers in het bedrijf.

Omdat wij de omvang van de nieuwe technische en economische uitdagingen beter hebben gezien dan u, weten wij dat de intelligentie van een handjevol technocraten, hoe briljant zij ook mogen zijn, niet langer voldoende is om de uitdagingen met succes aan te pakken. Alleen door een beroep te doen op de gezamenlijke intellectuele capaciteiten van alle werknemers kan een bedrijf de onstuimige ontwikkelingen en beperkingen van het hedendaagse industriële klimaat het hoofd bieden.'

Dat leek een nogal arrogante bewering. In een artikel in de Herald Tribune van 8 maart 1988 werd echter een en ander bevestigd. De kop luidde: 'Japan met uitvindingen in jaren 70 één punt voor op Verenigde Staten.' Kort samengevat, zegt het artikel dat volgens een recente analysetechniek van de Amerikaanse National Science Foundation het belang van een gepatenteerde uitvinding afhangt van het aantal keren dat er bij volgende uitvindingen naar wordt verwezen. Sinds 1976 wordt in octrooi-aanvragen in de hele wereld meer verwezen naar Japanse dan naar Amerikaanse octrooien.

Hieruit kan men concluderen dat het tijdperk waarin de Japanners een volk van naäpers waren, grotendeels voorbij is. Het is nu al bijna zover dat wij techniek van de Japanners moeten gaan lenen. En wat nog belangrijker is, wij kunnen van hen leren hoe wij de mensen op de werkvloer beter kunnen mobiliseren om de technische ontwikkeling in het Westen veilig te stellen. Het is vooral dit idee van management-van-onderop dat ik naar voren wil brengen.

Hoewel de Japanners het vermogen blijken te bezitten zelf uit te vinden, bestaat er toch grote bezorgdheid in Japan. Een van de meest onthutsende en zorgwekkende vragen die zij zichzelf stellen, is of zij als homogene en in zekere zin geïsoleerde cultuur, met een op harmonie gerichte instelling en een afkeer van confrontatie, in staat zijn ook goed te functioneren als zij moeten ontdekken en uitvinden in plaats van alleen maar toepassen en vernieuwen. Ik denk dat die zorg niet terecht is en ik laat mij niet zo makkelijk geruststellen als sommigen in het Westen die denken dat hiermee de technische ontwikkeling in Japan zal stagneren.

De aarde als ruimteschip

Concluderende, stel ik dat technische ontwikkelingen wereldwijd worden beïnvloed door fundamentele overtuigingen, door het economisch stelsel en door de maatschappelijke instituties.

Voor de toekomst zou ik het volgende willen meegeven:

Creativiteit lijkt de normale verdelingscurve te volgen. In ieder volk zijn er een

paar genieën (heel weinig) en een paar debielen (misschien iets meer), maar de meesten van ons bevinden zich in het middendeel van de curve, waar wij soms best iets origineels kunnen bedenken en af en toe iets kunnen bijdragen aan de vorming van ideeën. Als wij het tempo van innovatie op een nuttige manier willen volhouden, dan zullen wij iets moeten leren van de Japanse ervaring: hoe kunnen wij de denkracht van de massa aanboren?

Vooraf in het Westen hebben wij de technische ontwikkelingen in het verleden altijd positief, maar misschien toch niet helemaal juist geïnterpreteerd, op grond van ingewortelde ideeën uit de godsdienst, de filosofie en omtrent de waardigheid en de verantwoordelijkheid van de mens. Daarom hebben wij grote uitvindingen altijd graag toegeschreven aan individuen, ook al kwam zo'n uitvinding niet tot stand in een vacuüm, dat wil zeggen zonder andere mensen. Ik denk dat wij de bakens moeten verzetten en moeten zien hoe wij daarvoor in de hele breedte het menselijk talent kunnen inzetten.

Verder hebben wij in onze cultuur altijd een stuwende kracht gehad, een drijfveer die achter een heleboel uitvindingen stak, namelijk hoe wij de natuur konden beheersen.

Het is tijd voor een verschuiving, zodat wij de innovatie richten op een meer symbiotische relatie tussen de mens en de natuur. Dat is geen nieuw idee. Wij hebben al een verschuiving doorgemaakt uit de cowboyfase van de menselijke ontwikkeling met een eindeloze ruimte en onuitputtelijke grondstoffen. Wij moeten nu naar het tijdperk van de aarde als ruimteschip.

Daarvoor is een indrukwekkende hoeveelheid vernieuwende ideeën nodig, maar die moeten zo zijn, dat zij de mens weer het besef geven dat hij slechts één van de levende wezens is, een deel van de schepping, zodat hij leert leven in een wederzijds heilzame symbiose met zijn omgeving.

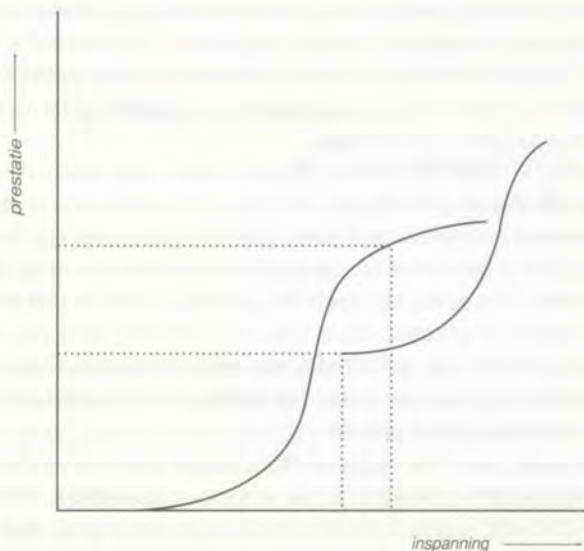
4.3 VAN INNOVATIE NAAR WERKELIJKHEID

dr. P. Winsemius

Waarom gaat er op een gebied waarin wij zoveel ervaring hebben, nog zoveel fout? Waarom doen sommigen het beter dan anderen, en hoe kunnen wij leren van degenen die het goed doen?

Om dit onderwerp te bespreken, wil ik eerst een stap terug doen, naar het model van mijn collega Dick Foster [12]. Overigens is dat een model vergelijkbaar met het beeld van het I-P-diagram van Teer in par. 4.1. Het model zegt dat alle technische vooruitgang volgens een S-kromme verloopt (afb. 4.3).

Je verricht eerst zeer grote inspanningen en technisch wordt er bijna geen vooruitgang gemaakt. Dat is het beste te vergelijken met de manier waarop je een leg-puzzel maakt: eerst is er veel tijd nodig om alle stukjes te sorteren: de takken bij de takken, het water bij het water en de huizen bij de huizen. En ondertussen schiet je niets op. Na verloop van tijd beginnen een paar stukjes te passen en dan ineens gaat het vlug. Dat is het steile stuk in de S-kromme, dan begint de techniek te springen. Soms lukt het niet, bijvoorbeeld als je moet eten en je de stukjes van tafel moet ruimen. Maar indien het wel lukt, is iedereen opeens buitengewoon tevreden. De onderzoekers omdat er eindelijk iets concreets gebeurt en hun bazen



Afb. 4.3 S-krommen [12]

omdat het geïnvesteerde geld eindelijk wat gaat opleveren. Helaas volgt daarna onvermijdelijk het teleurstellende moment van de afvlakking wanneer de grens van een techniek wordt benaderd. Dan kun je nog net en met relatief weinig geld vergeleken met wat er daarvoor is ingestopt, een kleine verbetering realiseren. En als je maar hard genoeg drukt, krijg je dat geld nog wel los. Dan ga je perfectioneren wat er is. Maar je nadert die grens. In par.4.1 geeft Teer daarvan een aantal goede voorbeelden. De grote kunst is vanuit het steilste stuk, waar iedereen 'high' is, de overgang te maken naar een nieuwe techniek.

Je kunt dat aanduiden met de woorden innoveren (met heel kleine stapjes vooruitgaan op de bestaande kromme) en genereren (een nieuwe generatie techniek ontwikkelen). Om een nieuwe generatie tot stand te brengen, moet je bijna altijd in eerste instantie een stukje terug, omdat je er weer even niets van begrijpt.

Een beroemd voorbeeld is dat van Dick Fosbury, de hoogspringer die op een gegeven ogenblik rugwaarts over de lat ging. Voordat Fosbury succes had met zijn geheel nieuwe benadering, was hij een goede hoogspringer met de traditionele buikrol. Toen hij begon rugwaarts over de lat te gaan, heeft hij ongetwijfeld een lange tijd alleen maar zijn rug pijn gedaan en is hij onder de lat door gesprongen. Toen het begon te lukken, zei iedereen eerst 'Dat is Fosbury, dat komt door zijn speciale lichaamsbouw, dat kan een ander niet, dat is slecht voor normale mensen'. Op het ogenblik springt iedereen met dezelfde stijl. Het wachten is op een nieuwe stijl.

Wat dichter bij huis is er in de halfgeleidertechniek de mogelijke overgang van silicium naar gallium-arsenide. In Nederland vormt de ontwikkeling van de ultracentrifuge een fraai voorbeeld. Daar is het maximale gehaald uit de roestvrijstaaltechniek en wordt nu de overgang overwogen naar de koolstofvezel, terwijl men ook weer de oude ideeën van de laserscheiding heeft opgepakt. Allemaal sprongen van de ene S-kromme naar de andere.

Om zo'n sprong naar een nieuwe techniek te maken, moet altijd een hoge drem-

pel worden genomen. Eindelijk heb je succes met de huidige techniek en je moet alweer overspringen naar een nieuwe. Daar zal iedereen zich aanvankelijk tegen verzetten, zowel de onderzoekers als de bazen. Iedereen is erop gebrand met de huidige techniek door te gaan en die maximaal uit te melken. Dat is levendig voorstelbaar: niets menselijks is ons vreemd.

Het klassieke voorbeeld daarvan wordt gevormd door het schip de *Thomas Lawson*. In het tijdperk dat de zeilschepen werden vervangen door stoomboten, rond 1910, heeft men een zevenmastsschoener gebouwd met meer zeil dan ooit te voren. Dat was het ultieme antwoord van de traditionele techniek op de uitdaging van de nieuwe techniek. Dat zeilschip heeft het gehaald, het is in een rechte lijn van Amerika naar Engeland gevaren. Maar toen moest het bij de Scilly-eilanden de bocht om en dat is mislukt! De grootvader van een van mijn collega's was kapitein op dat schip en de enige overlevende. Uit managementstandpunt misschien bevredigend, maar maatschappelijk minder.

Nog een voorbeeld uit de sport. In de jaren zestig, begin jaren zeventig, hadden de Spaanse speerwerpers een nieuwe stijl van werpen uitgevonden. Eigenlijk is speerwerpen een onbeholpen sport. Je neemt een enorme aanloop en vlak voordat je de speer gooit, sta je stil en werpt. De Spanjaarden hadden bedacht hem als een discus te gooien, dus eerst om je as draaien en hem dan weg slingeren. Sportief gezien hadden zij succes, maar tactisch maakten zij een niet onbelangrijke fout door hun techniek kort voor de Olympische Spelen te lanceren. Zij wierpen 10 tot 15 meter verder dan de Amerikanen en de Russen. Die hebben de nieuwe stijl toen illegaal verklaard, omdat het te gevaarlijk zou zijn voor het publiek. Die stijl is er nu niet meer.

Waar het om gaat, is dat de drempels tegen iets nieuws meestal niet bij de concurrenten zitten – want daar is de markt nog ruim genoeg voor – maar juist in het eigen bedrijf en in de eigen bedrijfsfuncties.

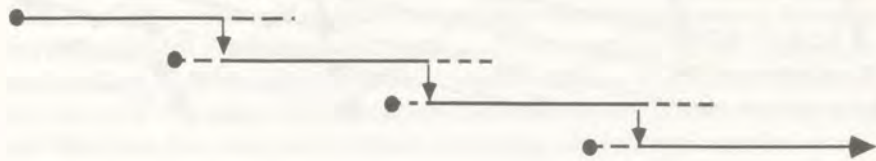
De klassieke bedrijfsfuncties vormen een ketting met een aantal schakels



Afb. 4.4 Bedrijfsfuncties

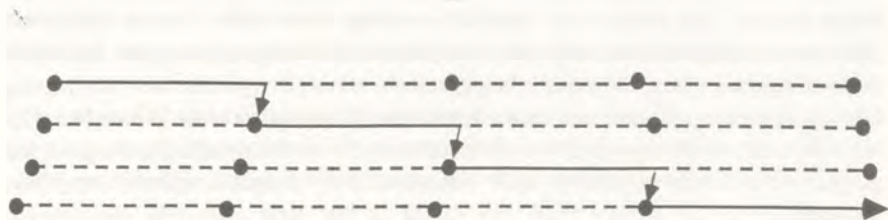
(afb. 4.4). Het begint met onderzoek en ontwikkeling, dan productie, distributie, en verkoop. In al deze schakels zitten weerstanden ingebouwd, vooral op de overgangen van de ene naar de andere schakel. Binnen een schakel zal men zich verzetten tegen het nieuwe en op de overgangen van de schakels wordt het overgeven van het estafettestokje het grote probleem.

In afb. 4.5 is schematisch een estafette getekend. De eerste loper begint, geeft het stokje over aan de tweede en loopt nog een paar meter uit terwijl de tweede op



Afb. 4.5 Estafette

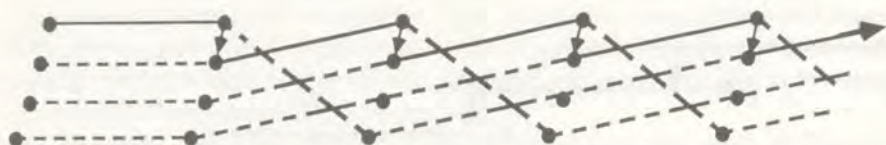
gang komt, enzovoorts, enzovoorts, en zo bereikt de laatste uiteindelijk de eindstreep. Dat is wat wij traditioneel doen en wij gebruiken het beeld van de estafette graag om ons samenwerken binnen het bedrijf te schetsen. Ik moet toegeven dat ik deze fout zelf ook heb begaan. De vergelijking van het bedrijf met de estafette gaat mank omdat de eerste loper stopt zodra de tweede overneemt. Als de laatste loper eenmaal door de finish komt, duurt het heel lang voordat degene die het eerst is gestopt, ook bij de finish is aangekomen, want die staat eerst rustig uit te hijgen en naar zijn collega's te kijken, terwijl je daar in feite de tijd helemaal niet voor hebt. In het bedrijf moet je, in het hele vernieuwingsproces, juist samen naar de finish toe.



Afb. 4.6 Rugby

In de sport rugby tref je al een betere situatie aan (afb. 4.6). Daar trekken de spelers gelijk op. De eerste loper - de getrokken streep in de figuur - heeft eerst de bal en geeft hem achterwaarts over aan de volgende, die dan het voortouw neemt, maar nummer één blijft meelopen en is weer aanspelbaar. Zo wordt de bal doorgespeeld naar de vleugel. Daaruit blijkt meteen de zwakte: in het algemeen eindigt de aanval als de laatste man op de vleugel de bal heeft, terwijl zijn teamgenoten ondertussen in een grote mate van wanorde terecht zijn gekomen. Hij heeft dan weinig afspeelmogelijkheden meer. Maar het is al beter dan bij de estafette, ze gaan samen naar het doel.

Nog beter is de ploegentijdrit in het wielrennen; die vraagt om nog meer samenwerking (afb. 4.7). De eerste renner begint vooraan; op een gegeven ogenblik wordt hij moe en geeft dan de kop over aan een ander; hij duikt dan zelf naar be-



Afb. 4.7 Ploegentijdrit

neden en sluit aan bij de staart van het viermanschap. Iedereen schuift dan een plaatsje op en als nummer twee een stuk heeft gereden, sluit hij weer aan bij de staart van het viermanschap. Zo blijven de renners de kop overgeven en steeds roteren. Op zijn tijd komt de eerste renner dus weer op kop.

Nu is dit een betrekkelijk eenvoudige sport, maar het interessante komt nog. Wij denken namelijk altijd dat de keten zo sterk is als de zwakste schakel. Dat is vaak waar, maar niet altijd. Ter illustratie het verhaal van Bart Zoet, een bekend wielrenner uit de jaren zestig, die tijdens het wereldkampioenschap 1964 in Sallanches, Frankrijk, in buitengewone vorm was. Bart Zoet vertelt het verhaal hoe hij met drie man achter zich aan reed: 'Ik ging zo hard dat de anderen achter me hebben moeten ploegkoersen om me bij te houden; zij riepen steeds 'Bart, ho ho', dan hield ik ho, maar als ze bij waren, ging ik weer rijden en dan moesten ze opnieuw lossen.' Het succes was beperkt: de ploeg werd elfde. Daarna is Gerben Karstens, op dat moment nog amateurrijder, in de ploeg opgenomen. In Tokio werd de nieuwe ploeg Olympisch kampioen.

Gerben Karstens gaf later een ander beeld van de rol van Zoet in Sallanches. Hij zei: 'Dat van die ploegentijdrit in Sallanches in 1964, dat deed hij met opzet; hij ging ze eerst losrijden, draaide zich dan om en riep 'Jongens, rijden voor je vaderland'.'

Moraal van dit verhaal is dat een keten ook kapot kan worden getrokken, en dan vaak kapot getrokken wordt door de sterkste schakel. Met een dominerende researchafdeling wordt een produkt op de markt gebracht voordat de markt er rijp voor is. Met een dominerende verkoopafdeling, met allemaal bovenbazen die zeggen 'de markt dicteert wat er gebeurt', breng je een produkt op de markt voordat het is uitontwikkeld en voordat je de produktie onder de knie hebt.

Een keten moet dus in balans zijn. En een keten is zo sterk als de balans binnen die keten. Dat is in feite het verhaal van de ploegentijdrit. Een team moet als eenheid over de eindstreep. Bij de ploegentijdrit telt immers de tijd van de derde en niet die van de eerste renner. Dat is in feite wat ook in het bedrijfsleven en in de maatschappij speelt.

De grote vraag is dan: waarom zijn sommige ploegen beter dan andere? Daar is een aantal antwoorden op mogelijk.

In de eerste plaats eenvoudig omdat ze harder kunnen fietsen. Je moet technisch goed zijn in het vak waarmee je bezig bent. Je moet beter oefenen, beter rijden, beter signalen oppakken en verwerken. In het bedrijfsleven betekent dat in feite dat je beter moet zijn in alle dingen waarvan Taylor indertijd al sprak. Je maakt een plan dat je goed moet uitvoeren, met een goede terugkoppeling, want anders

heeft het plan geen zin en weet je niet waar je de uitvoering moet corrigeren. Dat heet operationeel management en is het sluitstuk, ook bij innovatie.

Toch is dat geen voldoende verklaring. In sporten waar het neerkomt op wisselen, een ploegentijdrit of estafettes en dergelijke, is het belangrijk dat een topploeg jaren bij elkaar zit en de samenstellende schakels onderling perfect zijn afgestemd of – zo u wilt – op elkaar zijn ingespeeld. Kijk bijvoorbeeld naar de wielrenploeg van Peter Post. Die wist van de renners in de ploeg meer te maken dan het samenstel van afzonderlijke eenlingen; meer dan de som der delen. Een ander voorbeeld komt uit de hoek van de klassieke muziek, zoals het Orlando Kwartet, waar men alleen door jarenlang goed en tot in de details samen te oefenen, elkaar volledig aanvult.

Om dat te bereiken, moet er voor de stap naar het operationele management nog een stap zijn, een plan dat aangeeft waar je naar toe wilt. Dat heet het strategisch management, de strategie voor de middellange termijn, die als leidraad dient voor het opstellen van een actieplan en om met een terugkoppeling op termijn de goede ploeg in het veld te krijgen.

Wij hebben het nu gehad over operationeel management en over strategisch management, maar daaraan vooraf gaat de kernvraag waar die strategie vandaan komt. Aan strategie doet iedereen; een groot deel van de Veluwe bestaat van de retraite-oorden. Maar hoe komen wij aan een ons passende strategie? Waarom hebben wij juist deze tak van sport gekozen en waarom niet een andere? Hoe wordt ons toptalent gemotiveerd in de sport, in het bedrijfsleven en in de maatschappij?

Waar het om gaat, is visie. Visie moet de basis zijn voor leiderschap en is uitgangspunt voor strategie en actie. Het aardige is dat je in de wetenschap en in de kunst – overal waar mensen dingen bedenken en creatief zijn – steeds terecht komt op de ideeën en visie van een klein aantal mensen. Niet alleen aan de pushkant, dus aan de kant van de techniek, maar zeker ook in de markt vind je mensen met een neus voor wat de markt wil. Akio Morita van Sony met zijn Walkman is daarvan nog steeds een briljant voorbeeld [13].

Hoe kun je nu de overgang van innovatie naar werkelijkheid bewerkstelligen? Wel degelijk met plannen. Maar die plannen moeten haalbaar zijn.

Een favoriet verhaal in dat verband is het verhaal van de bokser Mike Tyson, wereldkampioen zwaargewicht. Hij heeft ongeveer dertig keer gebokst en alles gewonnen. Met Mike Tyson moet je de ring niet binnengaan, behalve als scheidsrechter. Tyson moest in oktober 1987 boksen tegen Tyrell Biggs; hij was acht tegen één favoriet. Toch kwam er drie weken tevoren een journalist bij hem langs die zei 'Mike, Biggs zegt dat hij een plan heeft om jou te verslaan.' Toen heeft Tyson eens en voor altijd alle plannenmakerij in het juiste perspectief geplaatst; hij sprak de klassieke woorden 'Everybody has plans, until they get hit.'

Dat geldt ook hier. Een plan moet reëel zijn, het moet haalbaar zijn. Het mag een uitdaging zijn en het mag hier en daar vaag zijn, maar je moet wel indicaties hebben dat het uitvoerbaar is.

Denk bijvoorbeeld aan Martin Luther King die zei: 'I have a dream.' Hij had een visie en iedereen begreep die. Dat motiveerde en gaf houvast. Die visie en die ideeën kon je uitwerken van strategie naar actie.

Een van de mooiste visies die ik ooit in het bedrijfsleven heb gehoord, komt van Gottlieb Daimler van Daimler Benz. Die zei: 'Das Beste oder Nichts.' Iedereen in zijn bedrijf wist wat dat betekende. Wel vaag, maar uit te werken in een strategie voor de beste auto-ontwerpen in de markt. Met een uitgewerkt actieplan voor de productie van de betere auto's met weinig onderhoud. 'Das Beste oder Nichts.'

Met het voorgaande als uitgangspunt zijn er vier actiepunten:

- In de eerste plaats de technische perfectie. Je kunt niet overal goed in zijn. Je moet kiezen waarin je goed wilt zijn en dan moet je zorgen dat er een Mekka is binnen je land of binnen je bedrijf. Een Mekka waar de 'state of the art' wordt beoefend. Technische perfectie is een door veel mensen onderschat punt. Met briljantheid alleen kom je er niet. Je moet je vak beheersen. En dat geldt voor iedereen, elk bedrijf, elke bedrijfskolom en elk land.

- Het tweede gaat over het Japanse voorbeeld: 'tapping the resources of the multitude'. Er moet een wil en een vermogen zijn tot samenwerking. Samenwerken is de moeilijkste vorm van werken omdat je moet geven en nemen. De wil tot samenwerking kan je planmatig en stelselmatig bevorderen. Die wil moet strategisch worden opgebouwd. Daarna moet zij worden beloond. Dat is wat de leden van de wielerploeg van Peter Post moesten doen. Die moesten elkaar weten te vinden, zodat ze wilden en konden samenwerken. Dat is zeer moeilijk, daar kan je niet lang genoeg bij stilstaan.

Tussen de schakels van de bedrijfsfuncties, zoals onderzoek, ontwikkeling, productie, distributie en verkoop, zitten grote cultuurverschillen die samenwerking moeilijk maken. Het zijn verschillende soorten mensen, die toch in een team moeten functioneren. Dat lukt niet altijd, doordat sommige mensen veel ingebouwde weerstanden op bepaalde gebieden hebben. En pas op: topsport is hard. Als het niet lukt met een team een ploegentijdrit te rijden, in een bedrijf of in de maatschappij, dan moet je, zeker in het eigen bedrijf, het team vervangen. Dat is dan de enige oplossing: een nieuw team het veld insturen, want anders raak je te ver achter. Dat is duur, maar in zo'n geval vaak noodzakelijk.

- Ten derde: selecteer en stimuleer zogenaamde generatoren. Indertijd, omstreeks 1972, hield Casimir kort na zijn afscheid bij het Philips Natuurkundig Laboratorium, een diesrede in Leiden. Hij sprak daar over het management van research. Dat was een uitstekende voordracht. De meeste indruk maakte op mij een van de laatste opmerkingen in zijn rede. Casimir zei namelijk: 'Eén ding is belangrijker dan alle andere dingen in management van research en innovatie samen, dat is dat je in je jonge jaren hebt gewerkt bij iemand die enthousiast is.' Ik denk dat hij gelijk heeft. Iemand die enthousiast is, neemt drempels weg die anders de uitdaging en het proces van vernieuwing in de weg staan. Het is fascinerend om voor uzelf na te gaan welke drie mensen de meeste invloed op u hebben gehad en op welke manier, om u te maken tot wat u nu bent. Het maakt daarbij niet uit wat die invloed was en van wie. Dat kan een eerste vriend of vriendin zijn of een eerste baas of een leermeester. Wat u toen leerde, kan zelfvertrouwen zijn of optimisme of iets dergelijks. Het curieuze is dat de meeste mensen de invloed van twee van die drie personen ondervonden toen zij tussen de 16 en de 24 waren. Toen kon je veranderen en leren. De Engelse term is 'roll model', een rolmodel, ofwel een voorbeeld nemen voor jezelf. Dat is waarover Casimir sprak. Op jonge leeftijd werken met iemand die enthousiast is.

Later heb ik Casimir eens gevraagd welke personen dat voor hem waren geweest. Hij noemde toen Ehrenfest, Bohr en Pauli. Niet de minsten dus. In zijn biografie schrijft Casimir over Ehrenfest en Bohr. Daarin proef je wat zij voor hem hebben betekend. Bijvoorbeeld in het prachtige verhaal waarin Ehrenfest zei 'Je hebt van mij nu alles geleerd wat je maar kan leren, je moet nu naar Bohr toe.' Toen gingen ze naar Kopenhagen, en ergens in Noord-Duitsland zei Ehrenfest midden in een serie grappen ineens: 'Jij gaat het belangrijkste meemaken wat een natuurkundige mee kan maken, je gaat Bohr ontmoeten.' Kort daarna droeg Ehrenfest Casimir over aan Bohr, met de zin: 'Dieser Knabe kann schon etwas, aber er braucht noch Prügel.' Daar gaat het om. Mensen die kunnen inspireren en moeite doen drempels te overwinnen. Want, zeker bij de overgang van de ene naar de andere S-kromme kunnen die drempels geweldig zijn. Dan heb je enthousiaste mensen nodig, die optreden als generatoren. Universiteiten en bedrijven moeten ervoor zorgen dat die generatoren er zijn, of ze zonodig vrijmaken, zodat ze anderen kunnen enthousiasmeren.

- Het vierde punt is voor de leiders. Dat is: 'Vertrouw je intuïtie.' Het moeilijkste van alles is namelijk het ontwikkelen van een goede visie. Die visie ontwikkel je grotendeels uit wat je weet en wat je om je heen ziet. Een kwestie van aanvoelen en de verzameling van inzicht en ervaring die je hebt opgebouwd. Als je die laat uitkristalliseren, dan ontstaat die visie. Onderzoekers vinden dat vaak in de markt, en mensen die de markt kennen, hebben meestal hun huiswerk gedaan en voelen alles aan, pakken signalen op en hebben die laten uitkristalliseren. De leider moet proberen zijn visie onder woorden te brengen om zodoende richting te kunnen geven en openingen te maken en hij dient te weten wat er gaat gebeuren en waar risico's worden genomen. Dat is moeilijk en riskant, maar daarvoor is hij dan ook leider. Een leider is iemand die richtingen aangeeft, die zijn medewerkers inspireert en die risico's op zich durft te nemen.

Van Kemenade, de burgemeester van Eindhoven, zei bij zijn afscheid van het college van bestuur van de Universiteit van Amsterdam: 'In Nederland kon het er wel eens op uitdraaien dat het tekort aan motivatie ernstiger blijkt dan het financieringstekort.' Dat is ook geldig voor het bedrijfsleven. Als wij motivatietekort en inspiratietekort krijgen, dan komt de toekomst ver weg te liggen, dan lopen wij achter onze eigen toekomst aan. Dat is de grote uitdaging voor de maatschappij. Dat is de uitdaging aan STT en ieder van ons: durf te vonken, durf te inspireren. Want zonder inspiratie, zonder vonken, zullen wij de overgang van innovatie naar werkelijkheid niet maken!

4.4 TECHNIEK STEEDS MEER IN OPSPRAAK

prof.dr. H. Krupp

De wederopbouw na de oorlog werd - om het jargon van technici te gebruiken - gedragen door een regelsysteem met sterke positieve terugkoppeling. Daarbij ging een sterke stimulans uit van begrippen als bezit, groei, werk, investering, onderzoek en innovatie.

Tegenwoordig stellen wij, in strijd met deze vroegere terugkoppeling, juist vra-

gen naar aanvaardbaarheid, zoals:

- Berust ons bestaan op bezit? Is economische groei nog voldoende motief nu meer dan 1 à 2% per jaar onhaalbaar lijkt? Maar in de ontwikkelingslanden is juist dringend behoefte aan sterke groei.
- Is werken een doel op zich, als minstens 15% van de beroepsbevolking geen werk krijgt, als de arbeidsmarkt wordt ontlast door niet te gaan werken en als de welvaart van staat en ouders een arbeidsloos inkomen mogelijk maakt? Daar staat dan weer tegenover dat werken de belangrijkste mogelijkheid is tot zelfverwerkelijking.
- Moeten wij echt zo nodig meer investeren als daardoor de produktiviteit wordt verhoogd en de werkgelegenheid nog meer terugloopt? Dat ligt er maar aan: er valt op het gebied van energievoorziening en milieubeheer nog veel te verbeteren.
- Moeten wij nog meer onderzoek doen als de resultaten daarvan alleen maar de algemene bezuiniging bevorderen? Jazeker, want er moeten nog veel problemen worden opgelost, bijvoorbeeld op het gebied van stromingsenergie, nieuwe procesteknik, menselijker verkeer, geneeskunde enz. en in het belang van de derde wereld.
- Op grond waarvan en met welk doel moeten wij nog verder innoveren, nu in ons deel van de wereld voor iedereen een basisloon is verzekerd? Dat zou onder andere moeten voor de invoering van nieuwe landbouwtekniek in *alle* delen van de wereld.

Terwijl velen zich met deze vragen bezighouden, snelt de technische ontwikkeling voort. De positieve terugkoppeling van voorgaande decennia is echter door skepsis verbroken, althans verminderd. Bedachtzame lieden vragen zich af wie eigenlijk de technische vooruitgang stuurt. Wie beslist over richting en vorm daarvan?

Politici zien tot hun verrassing dat zij pas met technische problemen worden geconfronteerd als de desbetreffende techniek al jaren floreert (farmacie, kernenergie), of als in ieder geval de richting ervan reeds is vastgesteld (bemande ruimtevaart, opwerking van gebruikte splijtstof).

In de volgende twee onderdelen van dit verhaal zullen wij ons bezighouden met de vraag of technische vooruitgang een deterministische, natuurlijke ontwikkeling is, danwel een produkt is van onze samenleving dat wij misschien kunnen beïnvloeden. Want ook veel van onze schrijvers zijn verontrust en die hebben doorgaans een – zij het wat overgevoelige – neus voor maatschappelijke zaken. Zo schrijft Musil discreet 'Democratie is, op zijn bondigst uitgedrukt: doen wat gebeurt!' Dürrenmatt stelt het krasser: 'Zij lijkt op een stuk land dat van de rivieroever is losgescheurd, naar een waterval afdrijft en intussen in een aantal eilandes uiteenvalt. Een ieder kan zich vrij op zijn eiland bewegen, tegen de stroomrichting inlopen, in het rond rennen of op zijn kop gaan staan. Om het even wat hij doet, het eiland drijft onafwendbaar naar de afgrond. De cultuur, niet in staat de rivierloop te veranderen of het steeds sneller afdrijven te verhinderen, is uitgespeeld en ten opzichte van het wereldgebeuren overbodig geworden.'

Technisch determinisme

De natuurwetenschappen zijn nauw aan de techniek verwant en lijken, althans op het eerste gezicht, het resultaat van een deterministische evolutie.

Zo is bijvoorbeeld de quantummechanica ontstaan langs diverse, uiteenlopende wegen en daarmee het stabiele eindprodukt geworden van een langs die wegen voortschrijdende evolutie. Op sommige van die wegen was er achterstand ten opzichte van andere, maar er was ook een toevallige samenloop van resultaten op uiteenlopende paden. Het eindresultaat van alle afzonderlijke toevalligheden bestaat toch uit een hoger niveau van ontwikkeling dat, in de betekenis die Hegel daaraan geeft, de voorgaande niveaus mede verhoogt.

Zo lijken bijvoorbeeld de klassieke mechanica en de thermodynamica grensvallen te zijn van een algemenere theorie met grotere reikwijdte. En zo is het ook met de relativiteitstheorie ten opzichte van de klassieke bewegingsleer van Galilei en Newton.

Zo kon in de experimentele natuurkunde de snelheid van het licht steeds nauwkeuriger worden bepaald. De nauwkeurigheid van die meting is in de laatste driehonderd jaar met een factor honderdmiljoen toegenomen. Zo is het ook in de techniek. De transmissiesnelheid in de telecommunicatie is in de laatste honderdvijftig jaar met een factor tienmiljard toegenomen. Het aantal en de verscheidenheid van telecommunicatiediensten zijn eveneens sterk gestegen.

De technische evolutie vindt blijkbaar plaats langs ontwikkelingstrajecten waarbij de prestatie voortdurend stijgt. Voorbeelden zijn ook te vinden in de ontwikkeling van de benzine- en de dieselmotor, de verbetering van de sterkte van materialen, de verhoging van de vliegsnelheid in de luchtvaart enz.

Actueel zijn de gelijktijdige micro-miniaturisering in de mechanica, de optica, de elektronica en de biologie, alsmede de kruisingen van deze trajecten (zie afb. 4.8). Deze verstrengeling is typerend voor de ontwikkeling van de techniek, leidt tot wisselwerking tussen sectoren van onderzoek en ontwikkeling in de industrie en vervolgens tot nieuwe technische systemen. Zo voerde de koppeling van transportwerktuigen met bewerkingsmachines tot elektronisch gestuurde, flexibel programmeerbare, automatische productie-eenheden.

	microbiologie	micromechanica	micro-optica
micro-elektronica	biochips	mechatronica	opto-elektronica
micro-optica	opto-biochips	vezeloptiek	
micromechanica	manipulatie		

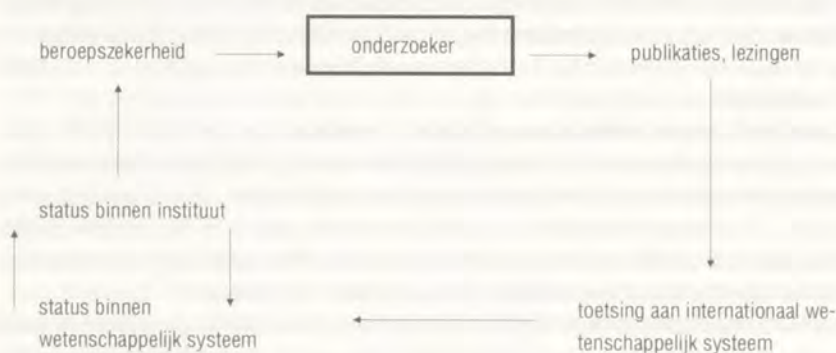
Afb. 4.8 Micro-miniaturisering in mechanica, optica, elektronica en biologie en de kruisingen hiervan

De geschiedkundigen op het gebied van wetenschap en techniek die later deze veelzijdige ontwikkeling zullen beschrijven, zullen in de verleiding komen deterministisch te werk te gaan en de technische ontwikkeling te zien als noodlot van de evolutie. Dat kan leiden tot de fatalistische houding ten opzichte van techniek

waaraan tegenwoordig veel jonge mensen ten prooi vallen. In de volgende paragraaf zal ik een schets geven van het tegenovergestelde beeld. Daaraan hebben vooral ook Nederlandse onderzoekers een belangrijke bijdrage geleverd.

Techniek als produkt van de samenleving

Als wij het perspectief wijzigen en naar de individuele onderzoekers of ingenieurs kijken, krijgen wij een geheel ander beeld dan het hiervoor geschetste. Afb. 4.9 toont het regelsysteem dat de individuele onderzoeker motiveert.



Afb. 4.9 De verbondenheid van een onderzoeker met zijn omgeving

Wat hij in de vorm van publicaties en voordrachten, patenten en prototypen openbaar maakt, wordt door de wetenschappelijke wereld of door de markt gemeten en gewogen. Naar gelang hij hoog geprezen dan wel te licht bevonden wordt, verandert zijn sociale status in de wetenschappelijke of technische beroepsomgeving, wordt hij al dan niet bevorderd en krijgt hij wel of geen salarisverhoging. Deze individuele onderzoeker volgt echter geen deterministische trajecten, maar rukt op in een voor hem volledig open toekomst.

Hij is uitsluitend bezig met zijn eigen project. Dat zit vol risico's, is in concurrentie met vele andere projecten en kan door niet te achterhalen oorzaken mislukken. Hij is dus geenszins afhankelijk van wetenschappelijk-technische determinanten, maar wel van een aantal sociale factoren, zoals het te verwachten succes in de markt.

Het naar een deterministisch traject toewerken, zou voor de individuele onderzoeker veel te riskant zijn. Bovendien zou hij niet weten waar hij naar toe moet.

De onderneming waar de ingenieur werkt, ziet zijn project uitsluitend als een mogelijke innovatie die moet bijdragen aan het rendement op het ondernemingsvermogen. In verreweg de meeste gevallen wordt een innovatieproject alleen maar ondersteund als er binnen enkele jaren marktsuccessen en winst van zijn te verwachten.

Zoals afb. 4.10 te zien geeft, blijkt techniek ten dienste te staan van belangen. Het belang van de consument is diffuser naarmate steeds meer aan zijn basisbehoeften is voldaan. Reclame werkt in op zijn half- en onderbewustzijn, mobiliseert atavismen, instincten en latente neigingen, stimuleert het verlangen en roept ten-

individueel belang

verlichting van het werk/gemak
prestige (auto, huis)
zelfverwerkelijking (beroep)

industrieel belang

innovatiemonopolies
rationalisering
macht op de markt

overheidsbelang

infrastructuur (wegen, spoorwegen, energievoorziening)
bewapening
gezondheidszorg, cultuur
prestige (bemande ruimtevaart)

Afb 4.10 Hoe techniek diverse belangen dient

slotte koopkracht op. Die koopkracht wordt op haar beurt georganiseerd en gebundeld en zodanig tot uitdrukking gebracht dat zij past op het zorgvuldig op haar afgestemde aanbod. De resultaten van dit proces zijn bijvoorbeeld mode, wegwerpmentaliteit, verslaving, prestige en compensatiegedrag (auto). Aan dit mechanisme zijn onze onnodig verkorte levensduur, de verhoogde ziektekosten, het onpeilbaar diepe leed van verkeersslachtoffers en gedragsstoornissen bij kinderen en jongeren te wijten. De met dit proces gepaard gaande externe, maatschappelijke kosten worden later aangestipt. Onmiskenbaar is echter ook het nut ervan: koopplezier, sociaal aanzien, gebruik van creativiteit enz.

In vergelijking hiermee is de technische behartiging van industriële belangen weldoordacht en doelmatig. Het gaat immers uiteindelijk om opbrengst van het geïnvesteerde vermogen.

De koopkracht van de overheid is, met uitzondering van infrastructurele voorzieningen, weer minder rationeel, zoals bij bemande ruimtevaart en bewapening.

Even terzijde zij er op gewezen dat het beweerde nut van de bemande ruimtevaart, in de vorm van fundamenteel onderzoek, vervaardiging van materialen, foto-elektrische energie, winning van mineralen op de maan en op asteroïden enz. niet wordt gedragen door verwachtingen omtrent kostendekking. Daarom zie ik grote projecten als Hermes en Columbus meer als voorlopers van de militarisering van de ruimte. Misschien zijn grootmachten als de Verenigde Staten en de Sovjetunie daartoe nog gedwongen, het kleinschaliger Europa moet toch wel voldoende historische ervaring hebben opgedaan om niet aan die internationale dwangmatigheden mee te doen.

De bovenste drie rijen in afb. 4.11 vatten het nog eens samen: er zijn drie markten, namelijk die van de individuele consument, die van de industriële investeringen en die van de overheid. De uiteenlopende rationaliteit daarvan heb ik zojuist beschreven.

Daar komt nog een vierde markt bij, namelijk die van de infrastructurele voorzieningen. Deze markt omvat ongeveer een kwart van het huidige bruto nationaal

markten	voorbeelden	bemiddeling tussen vraag en aanbod
consumentenprodukten verbruiksgoederen duurzame goederen	voeding, cosmetica huis, woninginrichting	reclame, handel
investeringsgoederen	gebouwen, machines	rechtstreeks, handel
overheidsaankopen	gebouwen, voertuigen ruimtevaartuigen, wapens	overheidsinstellingen leveranciers wapenfabrikanten
infrastructurale voorzieningen	energievoorziening milieubeheer verkeer en vervoer stedebouw communicatie gezondheidszorg	openbare nutsbedrijven organisatie formulering behoeften vaste voorwaarden

Afb. 4.11 Vier markten voor technische ontwikkelingen

produkt van een land. De afscheiding tussen deze markt en de drie andere markten kan ik hier niet nauwkeuriger omschrijven. Deze vierde markt omvat voornamelijk de grote systemen voor energievoorziening, verkeer en vervoer en stadsvernieuwing en regelt nauwkeurig hoe deze systemen tot stand moeten komen. Dat gaat vooral met behulp van wetten en verordeningen, in het bijzonder ook voor de milieuzorg. Ik kom hierop in de volgende paragraaf terug, omdat deze vierde markt de voornaamste aanknopingspunten lijkt te bieden voor overheids-handelen. Daarmee kunnen de rampzalige gevolgen van de eerste drie markten worden bestreden. Welke zijn dat? Als voorbeeld hiervan toont afb. 4.12 de uitstoot van schadelijke stoffen in de lucht.

	Jaarlijkse uitstoot in miljoen ton					geraamd aandeel in de immissie
	SO ₂	NO _x ¹⁾	CO	C _x H _y	Stof	
centrales, blok-, wijk- en stadsverwarming	1,86	0,86	0,03	0,01	0,15	38 %
industrie	0,76	0,43	1,12	0,45	0,42	22 %
huishoudens en kleinverbruikers	0,28	0,11	1,72	0,52	0,06	8 %
verkeer	0,10	1,69	5,33	0,62	0,07	32 %
totaal	3,00	3,10	8,20	1,60	0,70	100 %

¹⁾ Berekend als NO₂

Bron:
Fraunhofer-Institut für
Systemtechnik und
Innovationforschung

Afb. 4.12 Luchtvervuiling in de Bondsrepubliek, 1986

Afbeelding 4.13 laat zien wat daarvan de externe kosten zijn, dat wil zeggen de kosten die buiten de directe invloedssfeer en buiten de grenzen van het terrein van de veroorzaker optreden.

	kosten	
	in % BNP	in miljard DM
corrosie van gebouwen en materialen	0,2 à 1,3	3,2 à 20,8
oogst	0,01 à 0,08	0,2 à 1,3
bos	0,04 à 0,13	0,7 à 2,0
gezondheid, incl. verloren werkdagen en gedeeltelijke invaliditeit	0,4 à 1,0	6,4 à 16,0
totaal	0,65 à 2,50	10,5 à 40,0

Bron:

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, 1987

Afb. 4.13 Externe kosten door luchtvervuiling in de Bondsrepubliek

In afb. 4.14 zijn als voorbeeld de externe kosten van het verkeer weergegeven.

	luchtvaart	spoorwegen	binnenvaart	wegverkeer	totaal
luchtverontreiniging	2 %	4 %	3 %	91 %	100 %
geluidsoverlast	26 %	10 %	0 %	64 %	100 %
grondbeslag	1 %	7 %	1 %	91 %	100 %
bouw en onderhoud	2%	37 %	5 %	56 %	100 %
ongevallen	1%	1 %	0 %	98 %	100 %
totaal in miljard DM per jaar	2	14	2	68 à 77	85 à 95

Bron:

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, 1986

Afb. 4.14 Verdeling van de externe kosten door het verkeer in de Bondsrepubliek

De vervuiling van het milieu heeft een dusdanige omvang bereikt dat het plezier van de toenemende consumptie wordt vergald en uiteindelijk verloren dreigt te gaan. Dagelijks maken de kranten melding van milieurampen. Op middellange termijn worden wij bedreigd door luchtvervuiling, water- en bodemverontreiniging en radioactieve besmetting. Op lange termijn zijn er de dreiging van het broeikas effect (koolzuurgas), het gat in de ozonlaag (gechlorideerde fluorkoolwaterstoffen) en in ieder geval de onomkeerbare schade aan het ecosysteem door verzuring van de bodem en kaalslag van tropische regenwouden.

Samengevat zijn er twee hoofdproblemen:

- de hoge externe kosten van onze handel en wandel en daarmee van de techniek;
- het ontbreken van ethische normen, waardoor de terugkoppeling ontbreekt waarmee de schade zou kunnen worden beperkt.

Er wordt vaak beweerd dat onze kwalijke technische praktijken zo ver vooruitlo-

pen op onze bewustwording, dat wij niet meer sturend kunnen ingrijpen. Ik acht dat onjuist. Veeleer is het zo, dat wij ons van deze calamiteiten zeer wel bewust zijn, maar niet bij machte zijn in te grijpen.

Betekent dit dat wij dan toch aan een technisch noodlot onderworpen zijn? Ik denk van niet. Zoals ik heb laten zien, is onze techniek een produkt van onze samenleving waarmee wij ons op de vier in afb. 4.11 genoemde markten richten. Wij maken daarbij gebruik van onze technische verworvenheden. Wat ons daarbij beperkt, zijn bepaalde maatschappelijke werkelijkheden, zoals:

- een universeel economisch systeem dat vrijwel niet etnisch bepaald is en dat dus evenzeer in het Westen geldt als in de Sovjetunie, Japan en China;
- de consument, die door gebrek aan een systeem van waarden en normen gemakkelijk kan worden verleid;
- de politiek, die op de kiezersgunst en dus op zachte compromissen uit is en zwak staat tegenover de bundeling van economische belangen.

Als er een pessimistische houding is over de ontwikkeling van de techniek, dan wordt die veroorzaakt door het tekortschieten van het politiek beleid. Wij zijn niet in staat met ons beleid de technische ontwikkelingen zo te sturen en te compenseren dat wij er wel de voordelen van genieten, maar de schadelijke gevolgen ervan beperken. In plaats daarvan wijdt het beleid zich aan de door het bedrijfsleven eenzijdig bepaalde projecten en systemen en bevordert de stabiliteit daarvan (kernenergie, farmacie, televisie, auto-industrie enz.). Door ons politieke beleid worden deze zaken tot een technisch noodlot.

Compenserend overheidsbeleid

Ik zal nu nader ingaan op één, maar wel systematisch en inhoudelijk terrein van overheidsbemoeyenis, namelijk de in afb. 4.11 bedoelde vierde markt van infrastructurele voorzieningen. Door haar bemoeyenis zou de overheid de externe kosten kunnen beperken die wij door onze handel en wandel veroorzaken. Ik beperk mij tot de infrastructurele systemen voor energie, milieu, verkeer en vervoer en stadsvernieuwing. Deze moeten geheel worden herzien, maar dan vanuit het oogpunt van de noodzakelijke rendementsverbetering van onze natuurlijke hulpbronnen.

Uitgangspunt daarbij is de goed te onderbouwen stelling dat wij, na eeuwen van relatief dalende prijzen voor natuurlijke hulpbronnen, dus voor energie, lucht, bodem, water en minerale grondstoffen, een nieuw tijdperk zijn ingegaan waarin die prijzen waarschijnlijk aanzienlijk zullen stijgen. Dat wil zeggen dat de derde produktiefactor na arbeid en kapitaal, namelijk die van de grondstoffen, hoogstwaarschijnlijk van doorslaggevende, beperkende betekenis wordt. Vandaar dat de verhoging van de produktiviteit van onze natuurlijke hulpbronnen voortaan een rationeel doel van de eerste orde moet worden.

Aan het energiebeleid dienen zodanige randvoorwaarden te worden gesteld dat er minder energie wordt gebruikt en er vooral bronnen van stromingsenergie worden ontsloten. Daartoe kunnen bijvoorbeeld dienen:

- progressieve energieprijzen (Japan);
- elektriciteitsstarieven die op het totale momentane stroomgebruik reageren (proef in Saarland);
- voorlichting en advies aan consumenten (Denemarken);

- voldoende hoge tarieven voor levering van elektriciteit uit particuliere installaties aan het openbare net;
- bevordering van zonne-energie, zowel decentraal als centraal (grote elektriciteitscentrales in zonnrijke streken);
- bevordering van het gebruik van waterstof als energiedrager.

In het milieubeleid dient alles te zijn gericht op het beginsel dat de vervuiler betaalt. Daartoe dienen bijvoorbeeld:

- adequate normen voor emissie en immissie;
- sluiting van kringlopen van materialen (inclusief winning van energie uit het lignine-afval van de papierindustrie en uit de biomassa van de landbouw);
- schadevergoeding aan benadeelden en verlegging van de bewijslast naar de veroorzaker van de schade (Japan);
- snelheidsbeperking voor auto's (alleen de Bondsrepubliek veroorlooft zich een uitzonderingspositie).

In het beleid voor verkeer en vervoer gaat het vooral om een herwaardering van de verhouding tussen stedelijk openbaar vervoer en de auto en om ontlasting van de wegen ten gunste van het railverkeer.

Bij stadsvernieuwing is in het bijzonder behoefte aan energie- en milieuvriendelijke bouwvoorschriften, verkeersleiding en ruimtelijke ordening.

Systematisch gesproken, hebben de relatief lage prijzen voor energie en andere natuurlijke hulpbronnen in het verleden tot onjuiste economische berekeningen geleid. Die moeten stap voor stap gecorrigeerd en nieuw opgezet worden. De overheid heeft hierin een centrale taak. Zij moet nieuwe kaders aangeven. Die kaders moeten internationaal worden afgestemd om concurrentievervalsing te voorkomen.

De vierde markt, die van infrastructurele systemen, is van oudsher terrein van overheidsbemoedening en alleen de overheid kan daarin belangrijke veranderingen teweegbrengen. Afgezien van de derde markt, die van overheidsaankopen, is dit de enige markt waarop zij kan en moet handelen. Want op de eerste markt heeft de consument het voor het zeggen en op de tweede markt heeft het bedrijfsleven de vrijheid te investeren. Consequent optreden door de overheid op de vierde markt heeft echter ook op een aantal manieren invloed op de eerste en de tweede markt. Ook daar kan de overheid - zij het indirect - de externe kosten verlagen.

Maatschappelijk bewustzijn versus technische autonomie

De historische hoofdlijnen in de ontwikkeling van de techniek zijn in afb. 4.15 weergegeven. In de loop van duizenden jaren ontwikkelden wij de bewerking van materialen, de versterking van kracht, de omzetting van energie en de verwerking van gegevens. Geleidelijk aan ging het steeds sneller. Door gegevensverwerking en sensortechniek te koppelen met energie, kracht en materiaal, ontstonden automaten die niet alleen maar als robots, maar ook met kunstmatige intelligentie in fabrieken en kantoren doordringen. Daar ontlasten zij de mens of vervangen zij hem.

Veel fundamenteeler is dat de mens uiteindelijk met behulp van de genentechniek niet alleen het lot kan bepalen van de levende natuur om zich heen, maar ook van

materialen

- stenen vuistbijl, bouwmetaal,
- tijdperk kleding, sieraden, keramiek
- 3000 pyramiden, brons ijzer, glas
- + 1884 kunstzijde

kracht

- 4000 wiel, ploeg
- 2300 hefboom
- 240 takel

energie

- + 500 watermolen, windmolen
- + 1665 stoommachine
- + 1822 elektromotor
- + 1956 commerciële kernreactor

informatica

- + 1623 mechanische rekenmachine
- + 1938 binaire rekenmachine
- + 1941 programmeerbare computer

genetechniek

- + 1944 genetische code
- + 1953 DNA-dubbel
- + 1972 klonen
- + 1980 transgene muis

Afb. 4.15 Ontwikkeling van de techniek

zijn eigen biologisch erfgoed. Met de uitvinding van de atoombom werd negatieve zelfbeschikking mogelijk, namelijk uitroeiing van de mensheid. Nu is het echter mogelijk geworden dat de mens in positieve zin zichzelf vorm geeft.

Het op zichzelf gericht zijn van de mens en het zichzelf tot norm verheffen, zijn hiermee voltooid. Niemand is in staat te voorspellen hoe wij dit vermogen maatschappelijk zullen gebruiken. Door commerciële belangenbehartiging kan gevaar ontstaan. Meer dan ooit is er nu behoefte aan beleid dat vorm en richting geeft.

Het basisprobleem is dat wij geen bindende ethische maatstaven hebben om tot een genuanceerd oordeel te komen. De algemene normen van onze geprofessionaliseerde ethiek zijn daarvoor te algemeen. Zij geven geen houvast voor de beoordeling van de toekomstige gevolgen van genetische manipulatie.

Wat zal de toekomstige samenleving zeggen van het – ons nu wellicht een angstvisioen lijkende – scenario waarin het varken genetisch wordt omgevormd tot gepatenteerde rollade, zonder poten, met sterk verminderd bewustzijn en met verdubbelde groeisnelheid?

De toekomst ligt open en wel in een diepe betekenis van het woord:

-
- open met betrekking tot ingeslagen en nieuwe technische ontwikkelingstrajecten;
 - open met betrekking tot maatschappelijke ontwerpen waarin deze trajecten zijn ingebed;
 - open met betrekking tot onze bewustheid en onze waarden en normen die, samen met de technische trajecten en de maatschappelijke ontwerpen, onze maatschappelijke stelsels zullen bepalen.

De concrete vraag aan de toekomst luidt dus: hoe kunnen wij de behartiging van particuliere economische belangen ombuigen tot een milieubewuste behartiging van het algemene belang? Ik ben van mening dat wij nu al de eerste stappen in die richting kunnen zetten. De schade aan het milieu neemt zodanige vormen aan dat er een groeiend protest ontstaat en dat de politiek begint te reageren:

- natuurlijke hulpbronnen worden duurder;
- de kosten voor nieuwe industrievestigingen nemen toe en er worden hogere eisen aan gesteld;
- stijgende energieprijzen leiden op den duur tot een hoger rendement bij het gebruik van energie;
- ook energie-intensieve materialen en processen worden duurder;
- hogere prijzen voor natuurlijke hulpbronnen en hogere boetes voor schade aan het milieu zouden de wegwerpmentaliteit kunnen tegengaan.

Hogere prijzen en de reacties uit de bevolking daarop, zouden een politiek handelen kunnen uitlokken dat in de eerste plaats moet leiden tot ingrijpende herziening van onze openbare infrastructures. Het bedrijfsleven zou zich daarop moeten instellen.

Over de verdere toekomst, waarin ons ook genetische zelfbeschikking gegeven is, waag ik niet te spreken. Vermoedelijk zullen ook daar eerst aanzienlijke schaden moeten ontstaan alvorens de nodige beperkende maatregelen worden getroffen.

Ondanks, of juist dank zij systematische synergieën in schijnbaar stabiele maatschappelijke stelsels wordt individueel optreden een openbrekende en drijvende kracht ter verandering van die stelsels. Actiegroepen, stemgedrag bij verkiezingen, veranderend consumptiepatroon en zedelijke moed in de beroepsuitoefening moeten de aandacht vestigen op verkeerde ontwikkelingen. Dat kan echter alleen maar effect hebben als het gepaard gaat aan schaarser wordende natuurlijke hulpbronnen, economische bedrijfsschade, wijziging van de politieke machtsverhoudingen en nieuwe technische mogelijkheden.



5. Interne en externe factoren bij technische ontwikkelingen

Uit het voorgaande is duidelijk geworden dat de vraag naar de betekenis van grenzen aan techniek niet eenvoudig valt te beantwoorden. Zoveel is zelfs zeker dat een eenduidig en pasklaar antwoord niet kan worden gegeven.

Omdat een en ander ook sterk afhankelijk is van het soort technische ontwikkeling, wordt de gestelde vraag in dit hoofdstuk belicht aan de hand van een aantal voorbeelden.

De volgorde van deze voorbeelden is zo gekozen dat er een zekere overgang is van technische ontwikkelingen waar men vrijwel alleen met interne factoren (zie hoofdstuk 1) heeft te maken naar technische ontwikkelingen waar juist de externe factoren dominant zijn.

Achtereenvolgens komen aan de orde: astronomie, meteorologie, informatietechniek, communicatietechniek, kernenergie, biotechniek en genetica.

Deze voorbeelden zijn tot stand gekomen aan de hand van vraaggesprekken met Nederlandse topdeskundigen.

5.1 ASTRONOMIE

naar aanleiding van een vraaggesprek met prof. dr. P.C. van der Kruit

Dank zij de techniek kunnen wij steeds dieper in het heelal doordringen. De grenzen van het heelal zijn echter voorlopig nog niet gevonden. Het inzicht groeit zelfs dat, mochten er al grenzen zijn, deze alleen maar uitdijen.

Nederland heeft in de astronomie al lange tijd een leidende positie. Voor de Tweede Wereldoorlog was dat op theoretisch en organisatorisch gebied, vooral dank zij de Groninger hoogleraar Kapteyn. Die organiseerde waarneemcampagnes over de hele wereld.

Na de Tweede Wereldoorlog maakte de radiosterrenkunde snel opgang: een gevolg van de inspanningen in de oorlog voor de ontwikkeling van radar. In die tijd was het vooral de Leidse hoogleraar Jan Hendrik Oort die, voortbouwend op de bestaande traditie en met zijn persoonlijke prestige, Nederland een vooraanstaande plaats in de radiosterrenkunde heeft bezorgd. Die plaats nemen wij nog steeds in, vooral met de radiotelescoop in Westerbork.

Hoewel optische sterrenkunde vanuit Nederland moeilijk is, nemen wij ook in die tak een belangrijke plaats in door deelname aan observatoria in Noord-Chili en op de Canarische eilanden. Deze positie wordt nog eens versterkt doordat Van der Laan, voorheen hoogleraar in Leiden, de huidige directeur-

generaal is van het European Southern Observatory (ESO). Zijn twee voorgangers waren ook Nederlanders.

In de astronomie zijn twee belangrijke hoofdrichtingen te onderscheiden: de optische sterrenkunde en de radiosterrenkunde.

De optische sterrenkunde werkt met telescopen voor het ontvangen van lichtgolven. De waarneming wordt fotografisch of elektronisch vastgelegd.

Tot de optische sterrenkunde wordt vaak ook het nabije infrarood gerekend.

Andere delen van het elektromagnetisch spectrum (ver infrarood, ultraviolet, röntgenstraling, gammastraling enz.) worden vanuit de ruimte waargenomen met satellieten, zoals die van het European Space Agency.

De radiosterrenkunde bestudeert de radiostraling die door objecten in het heelal wordt uitgezonden. Deze straling wordt door telescoopantennes opgevangen.

Radiosterrenkunde

Zoals gezegd, dateert de radiosterrenkunde voornamelijk van na de Tweede Wereldoorlog. Het grote voordeel boven de optische sterrenkunde is dat met radiogolven veel dieper in het heelal kan worden doorgedrongen.

De golflengte van het gewone zichtbare licht is in de orde van enkele tienden microns. Het nabije infrarood, dat vanaf de aarde 'gezien' kan worden, strekt zich uit tot ongeveer 10 micron. Die golflengten zijn zo gering, dat het gewone licht wordt verstrooid door de stofdeeltjes tussen de sterren.

Radiogolven, met een golflengte van enkele tientallen centimeters, trekken zich daar niets van aan. De meest gebruikte golflengte is nu 21 centimeter, de golflengte van waterstof. Bij deze golflengte kan de verdeling in de ruimte van gas, waarvan waterstof het belangrijkste bestanddeel is, worden bestudeerd en vergeleken met de verdeling van de sterren die optisch zichtbaar zijn.

De radiosterrenkunde heeft twee belangrijke technische beperkingen. De eerste beperking geldt in feite voor de hele sterrenkunde: dat is het waarnemen van zwakke signalen. De verbetering van de *detectietechnieken* is er dan ook op gericht steeds zwakkere signalen te kunnen waarnemen. De tweede beperking is het *oplossend vermogen*, ofwel de mate waarin details zichtbaar zijn.

Deze tweede beperking is specifiek voor de radiosterrenkunde. Bij optische telescopen speelt dat niet, omdat daar de atmosfeer zelf een beperkende factor is: de kleinste details die men in theorie met een grote optische telescoop kan zien, zijn kleiner dan de atmosfeer toelaat.

Voor na de Tweede Wereldoorlog is er in Nederland, maar ook in andere Europese landen, veel werk verzet om de technische barrières te verkleinen. Onder andere door ontwikkeling van elektronische apparatuur voor verbetering van de detectietechnieken (opvoeren van de gevoeligheid) en door de bouw van radiotelescopen voor de vergroting van het oplossend vermogen.

Door de combinatie van astronomische en technische expertise verwierf Nederland snel een leidende positie in de radio-astronomie.

Met de bouw van de radiotelescoop in Dwingeloo (1956) werd grote vooruitgang geboekt. Deze telescoop was met zijn diameter van 25 meter zelfs enige tijd de grootste ter wereld.

De belangrijkste drijfveer voor de bouw van de telescoop in Dwingeloo was om, voortbouwend op de traditie van Kapteyn en Oort, de structuur van het melkwegstelsel verder te onderzoeken.

In Dwingeloo werd een oplossend vermogen bereikt van een halve graad. Dat wil zeggen dat het kleinste detail dat zichtbaar kon worden gemaakt, een halve graad aan de hemel beslaat. De honger naar onderzoek werd hiermee toch niet voldoende bevredigd. De wens ontstond een oplossend vermogen te bereiken van een boogminuut, of zelfs boogseconden. Voortbouwen op de bestaande techniek zou betekenen dat telescopen met een diameter van een kilometer moesten worden gebouwd.

De oplossing werd in een andere hoek gezocht en gevonden, namelijk met de in Engeland ontwikkelde techniek van de apertuursynthese. Deze techniek komt er op neer dat een grote apertuur of spiegel wordt nagebootst door een aantal kleine, die in richting en oriëntatie kunnen worden gevarieerd. Door de opgevangen signalen vervolgens bij elkaar te brengen en te combineren, bereikt men hetzelfde effect alsof met één heel grote spiegel is gemeten.

Deze techniek is ontwikkeld door de Engelse Nobelprijswinnaar Martin Ryle en voor het eerst op grote schaal toegepast bij de radiotelescoop in Westerbork (1970). Daar zijn aanvankelijk tien vaste en twee op rails bewegende telescopen gebouwd op een oost-west lijn met een lengte van 1,5 km. Deze opstelling werd later uitgebreid met nog eens twee bewegende telescopen, zodat de totale lengte nu 3 km is. De variatie in oriëntatie wordt verkregen door het ronddraaien van de aarde zelf: na twaalf uur zijn de telescopen ten opzichte van de hemel 180 graden gedraaid.

Ook hier moest een aantal technische barrières worden genomen, zoals het ontwerp en de bouw van de radiotelescopen zelf voor een redelijke prijs, het bouwen van ontvangers die nog zwakkere signalen konden detecteren dan voorheen en ten slotte de apertuursynthese zelf, het bij elkaar brengen van al die afzonderlijk gemeten signalen. Daarvoor zijn speciale correlators ontwikkeld.

De gevoeligheid is ook hier weer een beperkende factor. Door straling uit de omgeving van de telescoop en door de temperatuur van de detectors zelf ontstaat een beperkende ruis. Deze kan worden verminderd door de ontvangers te koelen tot lage temperaturen. Met overheids subsidie wordt thans gewerkt aan een nieuw stel gekoelde ontvangers, die in 1992 gereed moeten zijn. Technische ontwikkelingen die de bouw van elektronica met een kleine afmeting mogelijk maken, hebben ervoor gezorgd dat het koelen praktisch uitvoerbaar wordt.

De Verenigde Staten heeft in 1980 een nog grotere radiotelescoop gebouwd, de VLA (Very Large Array), met een basis van 15 kilometer. Qua oplossend vermogen is deze telescoop beter dan die in Westerbork; de gevoeligheid is ongeveer gelijk.

Bij het ontvangen van zwakke signalen treedt een nieuwe beperking op, namelijk het *dynamisch bereik*. Dat is de mate waarin het mogelijk is zwakke structuren waar te nemen vlak naast een heldere bron. Met andere woorden, in hoeverre je verblinding door een naburige heldere bron kunt uitschakelen. In principe is dit een kwestie van het verkrijgen van een zo scherp mogelijk beeld. Dit wordt bereikt door een zo goed mogelijke kalibratie van de afzonderlijke telescopen: het uitschakelen van onzekerheden over de precieze positie, richting en onderlinge verschillen van de telescopen.

De configuratie van Westerbork is in dat opzicht gunstiger met zijn oost-west lijn, dan de Y-vormige opstelling in de Verenigde Staten. Westerbork heeft in dynamisch bereik dan ook een leidende positie.

Bij verbetering van het oplossend vermogen zijn inmiddels weer nieuwe moge-

lijkheden ontstaan door de zogenaamde VLBI, de 'Very Long Baseline Interferometry'. Nederland doet ook hierin mee in Europees en wereldverband met de Westerbork-telescoop en wordt waarschijnlijk in de komende jaren het centrum van het Europese VLBI-netwerk.

Bij de apertuursynthese van radiotelescopen die in elkaars buurt staan, worden de signalen nog met kabels bij elkaar gebracht. Bij de apertuursynthese met VLBI combineert men de signalen van telescopen op grote afstand van elkaar. Aanvankelijk ging dat met radioverbindingen, maar een veel mooiere oplossing bood de videorecorder, waarmee men de signalen op band vastlegt. Met een atoomklok voor de synchronisatie en met een speciaal ontwikkelde correlator worden die signalen dan later bij elkaar gebracht.

Op deze manier is men nu in staat oplossende vermogens te bereiken van enkele milliboogseconden. Daarmee komt de grens van het oplossend vermogen buiten de techniek: de beperkende factor is nu de diameter van de aarde. Maar ook daarvoor zijn al plannen die te omzeilen door de inzet van satellieten. Omdat de dan waar te nemen objecten heel ver weg en dus zwak zijn, begint de detectietechniek weer een grens te stellen.

Optische sterrenkunde

Voor de optische sterrenkunde zijn in deze eeuw de grootste faciliteiten gebouwd in de Verenigde Staten. Europa heeft pas recent deze achterstand goedge maakt.

Zoals gezegd, is het oplossend vermogen bij optische telescopen geen beperking omdat de atmosfeer zelf daar de beperkende factor is.

Lange tijd was de telescoop in Californië de grootste. Deze heeft een diameter van 5 meter. Groter was technisch lang onmogelijk. Ook de detectietechnieken en het fotografisch proces bleven lang op hetzelfde niveau.

Ontwikkelingen op andere technische gebieden dan de astronomie veroorzaken de laatste tijd grote verbetering van de detectietechnieken. Vooral de CCD's, de 'Charge Coupled Devices', uit de televisiecamera's hebben een revolutie teweeg gebracht. Samen met andere technieken, zoals lichtversterking, maken CCD's de 'photon counting technique' mogelijk. Dit is een grote verbetering ten opzichte van het fotografisch proces. Waren er bij een fotografische plaat enkele honderden fotonen nodig, een beeldscherm heeft genoeg aan slechts enkele.

Nederland heeft geen gunstige ligging voor optische observaties. Het ligt te laag en dat veroorzaakt hinder door de atmosfeer. Daarom nemen wij deel aan het European Southern Observatory in Noord-Chili. Daar staan dertien telescopen, waarvan de grootste een diameter heeft van 3,6 meter.

Ook op het noordelijk halfrond heeft Nederland, samen met de Engelsen, een sterrenwacht op La Palma, Canarische Eilanden, waarvan de grootste een diameter heeft van 4,2 meter.

Het European Southern Observatory heeft nu plannen in Chili vier telescopen met een diameter van 8 meter te bouwen. Door vorderingen in de digitale en mechanische technieken blijkt het namelijk toch mogelijk de grens van 5 meter te overschrijden. Tegenwoordig kan men met computersturing van servomotortjes de vorm van de spiegel continu regelen. Men is nu ook in staat dunnere spiegels te bouwen.

Overige ontwikkelingen

Van de overige ontwikkelingen in de astronomie worden genoemd:

- De Brits-Nederlandse sub-millimeter radiotelescoop op de Mauna Kea (4200 meter) op Hawaï. Deze werkt met radiogolven in het millimeterbereik om de koele interstellaire gebieden te kunnen bestuderen.
- De infrarood-sterrenkunde, waarin Nederland meedoet via satellieten als IRAS (InfraRed Astronomical Satellite) en de Europese opvolger ISO (Infrared Space Observatory) in de jaren negentig. De technische ontwikkeling van infrarood-detectoren loopt vermoedelijk ver achter bij de militaire mogelijkheden.
- Röntgen-, gamma- en ultraviolettechnieken voor waarnemingen uit satellieten.
- De op stapel staande Hubble Space Telescope, ongeveer het summum in de huidige stand van de techniek in sterrenkunde. Dit is een $2\frac{1}{2}$ meter spiegel die, als hij eenmaal in de ruimte is gelanceerd, beeldjes kan maken tot een tiende boogseconde en bovendien tot in golflengtes van het ultraviolet.

Tenslotte

Door de ontwikkelingen in de techniek is er in de astronomie, zeker sinds de Tweede Wereldoorlog, veel veranderd. In feite kan geen onderdeel worden genoemd waar het denken niet is veranderd. Er is veel meer bekend geworden over de structuur van het heelal op grote schaal en de vorming en evolutie van melkwegstelsels en van sterren afzonderlijk.

In de jaren zestig zijn de quasars ontdekt en zijn sterke explosieve verschijnselen in de melkwegstelsels waargenomen.

De uitdagingen zijn echter nog groot. Zo moeten er in het heelal grote hoeveelheden materie zijn (95% van alles wat er in het heelal is), waarvan niemand op dit moment precies kan zeggen wat het is.

Astronomie of sterrenkunde is een goed voorbeeld van wat zuiver wetenschappelijk onderzoek wordt genoemd. Het is een *waarneemvak* uit pure wetenschappelijke interesse met weinig directe 'spin-off' voor praktische toepassingen in de maatschappij. Er is geen verband met het dagelijks leven van de gewone burger, anders dan dat deze de resultaten van het groeiende inzicht kan vernemen.

Terzijde zij opgemerkt dat de zoveel geroemde 'spin-off' van de ruimtevaart ongetwijfeld groter is, maar in verhouding tot het beschikbare budget zou de sterrenkunde het nog wel eens kunnen winnen van de ruimtevaart. In Nederland bedraagt dat budget 25 tot 30 miljoen gulden per jaar.

In de astronomie vindt een grote, maar langzame revolutie plaats.

In feite kent deze tak van wetenschap weinig externe belemmeringen.

De sterrenkunde is maatschappelijk niet relevant in technische of economische zin, maar als zuivere wetenschap wel een belangrijke factor in onze Nederlandse cultuur.

5.2 METEOROLOGIE

naar aanleiding van een vraaggesprek met prof.dr. C.J.E. Schuurmans en prof.dr.ir. H. Tennekes

Misschien wordt op aarde wel over niets zoveel gesproken als over het weer. Weer en klimaat hebben grote invloed op de bezigheden en stemmingen van mensen en op het hele maatschappelijke en economische verkeer. Daarom wordt er groot belang gehecht aan het zo lang mogelijk vooraf weten welke weersomstandigheden er kunnen worden verwacht.

Aan het voorspellen van het weer worden veel tijd, geld en moeite besteed. Langzamerhand groeit het inzicht dat deze voorspelbaarheid grenzen kent. Wij kunnen het weer niet een maand vooruit voorspellen en ook zijn er grenzen aan de nauwkeurigheid van voorspellingen.

Een groot aantal menselijke activiteiten blijkt invloed te hebben op het klimaat en daarmee op het ecologisch systeem. Deze invloed begint op wereldniveau merkbaar te worden. Het besef dringt door dat er aan die menselijke beïnvloeding van het klimaat grenzen moeten worden gesteld.

Veel wetenschappelijke aandacht is gericht op het ontdekken welke factoren welke invloed hebben op het klimaat, maar naarmate de kennis daarvan toeneemt, krijgen wij niet automatisch betere voorspellingen of een betere beheersing van de menselijke invloeden op het wereldklimaat.

Grenzen aan voorspelbaarheid

Sinds de Tweede Wereldoorlog is de kwaliteit van de weersvoorspelling gestaag verbeterd. Meer weerstations, de introductie van weersatellieten en de ontwikkeling van geavanceerde computermodellen hebben daartoe bijgedragen.

Het paradepaardje van de Europese meteorologie is sinds 1979 het European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF) in Reading, Engeland. Daar worden twee maal per dag gegevens van het weer over de hele aarde verzameld en opgeslagen in een CRAY X-MP/48 computer, één van de snelste ter wereld. Die computer simuleert met de ingevoerde gegevens een heel etmaal in ongeveer twintig minuten en kan weersvoorspellingen voor maximaal tien dagen vooruit geven. De nationale weerdiensten baseren daarop dan hun eigen voorspellingen.

Er is jarenlang hard gewerkt om het computermodel zo realistisch mogelijk te maken. Dat lukte zolang de kennis van belangrijke fysische processen rond bijvoorbeeld neerslagvorming en straling in de atmosfeer toenam, maar vooral door het beschikbaar komen van grotere computers.

De prestaties van de modellen zijn sterk verbeterd, wat vooral tot uiting komt in een verlenging van de verwachtingstermijn. In de praktijk blijkt echter dat voorbij een periode van vijf dagen de door het model berekende weersvoorspelling niet uitkomt.

De fouten beginnen al bij onnauwkeurigheden in de begintoestand. Die is namelijk gebaseerd op metingen van wind, temperatuur en vochtigheid van een groot, maar beperkt aantal meetpunten. Metingen zijn per definitie momentopnamen, die bovendien nooit honderd procent foutloos zijn. Daarnaast kunnen er tijdens het rekenen nieuwe fouten insluipen, of kunnen kleine fouten worden versterkt. Het ontsporen van de berekeningen wordt veroorzaakt doordat, gemiddeld geno-

men, fouten meestal groter worden: de meetfouten besmetten de resultaten steeds verder. Op die manier ziet het model bijvoorbeeld de vorming van een depressie soms niet aankomen.

De wijze van meten en berekenen kan wel worden verbeterd, maar het is twijfelachtig of daarmee ook de kwaliteit van de weersverwachting wordt verbeterd.

In wezen kunnen sommige beperkingen nooit worden opgeheven. Zo zullen er altijd kleine verschillen blijven bestaan tussen de gemeten en de werkelijke toestand. Daarnaast is een computermodel nooit een exacte kopie van de atmosfeer. In de eerste plaats omdat de rekentijd beperkt moet blijven, wil men nog wat aan de voorspellingen hebben, maar ook omdat in de atmosfeer onnoemelijk veel meer interacties plaatsvinden dan wij met wiskundige vergelijkingen in een model kunnen beschrijven.

Wel is het mogelijk te berekenen hoe groot de voorspellende waarde van het model is. Daartoe worden in het model achtereenvolgens twee begintoestanden ingevoerd met een paar heel kleine verschillen ten opzichte van elkaar. De twee daaruit berekende verwachtingen blijken gemiddeld na een rekentermijn van twee weken zodanig van elkaar te verschillen dat zij als voorspelling onbruikbaar zijn. Het is fundamenteel niet mogelijk de termijn van twee weken substantieel te verlengen door de beginfout te halveren of zelfs terug te brengen tot een duizendste. Meer weerstations, snellere computers en verder onderzoek zullen hierin slechts weinig verbetering brengen.

Er bestaat dus een grens aan de voorspelbaarheid waar wij niet voorbij kunnen, hoe klein de beginfout ook is.

In de praktijk betekent dit dat de voorspelbaarheid van de toestand in de atmosfeer ligt tussen vijf dagen en twee weken. De verwachting is dat deze termijn ten koste van veel geld en moeite met hooguit drie dagen kan worden verlengd.

Onderzoek zal in de toekomst vooral worden gericht op een beter begrip hoe en waarom er fouten in het model optreden en de samenhang met de werkelijke veranderingen in de atmosferische circulatie (afb. 5.1).



Afb. 5.1 Aantal dagen tevoren dat het weer juist voorspeld bleek te zijn

De beperkte voorspelbaarheid van het weer blijkt een principieel natuurwetenschappelijk probleem te zijn. Het weer is nu eenmaal wisselvallig en onbestendig. De atmosfeer is niet-periodiek, zij herhaalt zichzelf niet, haar gedrag is grillig en chaotisch.

Determinisme

Sinds Newton, driehonderd jaar geleden, zijn wij gewend geraakt problemen los te maken uit een grotere samenhang en als geïsoleerd systeem op te lossen. Laplace verwoordde dat in 1812 als volgt: 'Een denkende geest die op een bepaald ogenblik alle krachten en de wederzijdse ligging der deeltjes waaruit de wereld bestaat, zou kennen, zou als hij machtig genoeg was om dit vraagstuk wiskundig te behandelen, verleden, heden en toekomst helder voor ogen zien.'

Dit determinisme vormde de basis voor de hele natuurwetenschap. Het idee van de perfecte voorspelbaarheid komt uit de klassieke mechanica van de hemellichamen.

Driehonderd jaar hebben wij ons beziggehouden met bestuurbare deelsystemen in de natuur. Het inzicht groeit echter dat de deterministische voorspelbaarheid grenzen heeft.

De natuurwetenschap van de eenentwintigste eeuw zal zich daarom juist gaan toeleppen op die dingen die principieel onvoorspelbaar zijn. Het weer is nu eenmaal een creatief systeem en dat is per definitie onvoorspelbaar.

Menselijke beïnvloeding van het klimaat

Het klimaat en de samenstelling van de atmosfeer bepalen voor een belangrijk deel de leefbaarheid van onze planeet.

Langzamerhand krijgen wij in de gaten dat onze menselijke activiteiten het klimaat beïnvloeden en dat deze invloeden een wereldwijd karakter aannemen.

Dachten wij tot voor kort niets aan het klimaat te *kunnen* doen, deze houding begint plaats te maken voor het idee dat wij niets aan ons klimaat *mogen* doen. Het klimaat en de samenstelling van de atmosfeer zijn onderdeel geworden van de algemene wereldwijde milieuproblematiek.

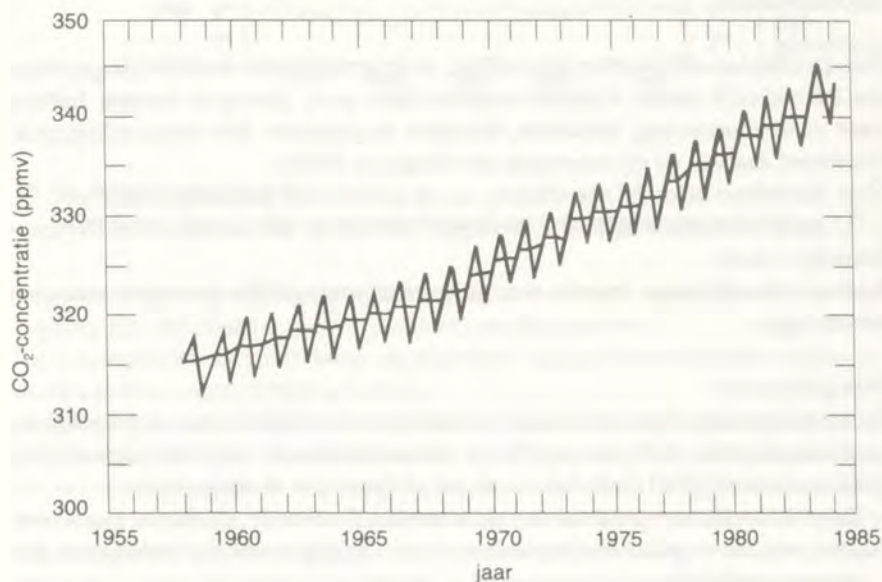
In het verleden zijn er bewuste pogingen gedaan het weer lokaal te beïnvloeden. Zo heeft men talloze malen getracht kunstmatig regen te maken. Vlak na de oorlog is men daarmee in de Verenigde Staten begonnen en ook in Nederland is men ermee bezig geweest. Maar men heeft nooit kunnen vaststellen dat de toegepaste methoden werkelijk effect hadden. Het valt achteraf namelijk nooit te bewijzen dat een wolk zonder kunstmatige behandeling niet eveneens regen zou hebben geproduceerd. De meeste grote programma's op dit gebied zijn dan ook gestopt, alleen in Rusland en China gaat men er nog mee door.

Er zijn zelfs plannen geweest om de regenval in de Sahel te bevorderen door de Golf van Guinee met kernenergie op te warmen. Dit zou extra verdamping van het zeewater veroorzaken. Door dit in het goede jaargetijde met zuidwestenwinden te doen, zouden daardoor meer regenwolken richting Sahel worden gestuurd. Een ander middel om regenval te stimuleren, is het vocht vast te houden door extra begroeiing of in grote bassins. Door verdamping van dat water kunnen zich wolken vormen waaruit regen kan vallen. Op grote schaal is dat nooit toegepast. Technische ingrepen in de atmosfeer zijn weinig kansrijk gebleken.

Anders is het met de ongewenste beïnvloeding van het klimaat door de mensheid. Er zijn veranderingen in de samenstelling van de lucht en veranderingen in het klimaat en het ecologisch systeem te constateren. Naast het directe gevaar (zoals de potentieel ernstige consequenties van het broeikaseffect) is er ook nog het gevaar dat er nog onvermoede neveneffecten zullen optreden.

De laatste tien jaar leggen vooral pers en politici een sterk verhoogde belangstelling voor het broeikaseffect aan de dag. Als gevolg daarvan dringt in steeds bredere lagen van de bevolking het besef van deze dreiging door.

Er zijn echter nog weinig concrete aanwijzingen dat er iets ernstigs aan de hand is. Zo is de toename van het koolzuurgehalte (CO_2) van de lucht – aangenomen als de belangrijkste veroorzaker van het broeikaseffect (het vasthouden van warmte door de atmosfeer) – al geruime tijd bekend. De jaarlijkse toename is gewoon af te lezen uit een curve (afb. 5.2) die al jaren wordt bijgehouden. In feite zijn er nog geen consequenties voor het klimaat te trekken. Of er iets tegen de toename van CO_2 moet worden gedaan, is evenmin eenduidig vast te stellen.



Afb. 5.2 Toename CO_2 -gehalte van de atmosfeer

Effecten op lange termijn zijn namelijk moeilijk voorspelbaar. Ten eerste is het zo dat het manipuleren van één stof, zoals CO_2 , weinig zin heeft omdat daarmee nooit het hele klimaatsysteem beheersbaar wordt. Sterker: dit zou wel eens ongewenste neveneffecten kunnen veroorzaken. Bovendien kan toename van CO_2 ook positief uitwerken. Zo werkt CO_2 voor de landbouw productieverhogend. Door een verdubbeling van het CO_2 -gehalte van de atmosfeer verdubbelt het waterverbruik van sojabonen en stijgt dat van mais met minstens 35%. Een aantal landbouwgewassen zal dan in aanzienlijk drogere streken kunnen worden verbouwd dan nu het geval is.

Nog ingewikkelder ligt het met methaan (CH_4). Methaan draagt vermoedelijk evenals koolzuur bij aan het broeikaseffect. Methaan komt onder andere vrij bij de natte rijstteelt. Dat zou er voor pleiten deze productie af te remmen. Dat heeft

echter een ongunstig effect op de voedselproductie, juist in gebieden waar die het hardst nodig is. Bovendien zou de vervanging van de rijst door een gewas dat geen sawa's nodig heeft, een grote invloed hebben op de verdampingseigenschappen van dat gebied en daarmee op de waterhuishouding van de atmosfeer. Een beoogde reductie van methaan zou op die manier wel eens ongunstige gevolgen kunnen hebben voor de hydrologische cyclus en daarmee voor het klimaat. Essentieel is dus dat de problemen niet geïsoleerd kunnen worden aangepakt.

Er zal wereldwijd consensus moeten ontstaan over de vraag welke effecten positief of negatief zijn. Zo wordt de stijging van de zeespiegel in Scandinavische landen juist als voordelig ervaren. Het Scandinavische continent stijgt sneller dan de zee, waardoor men daar veel kosten moet maken om de havens op diepte te houden. Zeespiegelrijzing is daar dus economisch gunstig.

Ook stijging van temperatuur is in die landen gunstig. Gemiddeld een halve of hele graad stijging betekent voor Finland een aantrekkelijke uitbreiding van het landbouwareaal.

Hoe de effecten ook worden beoordeeld, in de geschiedenis is duidelijk gebleken dat betrekkelijk kleine klimaatsveranderingen grote gevolgen kunnen hebben voor watervoorziening, landbouw, transport en recreatie. Het meest schrijnende voorbeeld daarvan op dit moment is de droogte in Afrika.

Voor Nederland geldt dat een stijging van de gemiddelde jaartemperatuur met 1°C het groeiseizoen met 15 à 20 dagen verlengt en het stookseizoen overeenkomstig verkort.

Kleine veranderingen kunnen dus grote maatschappelijke gevolgen met zich meebrengen.

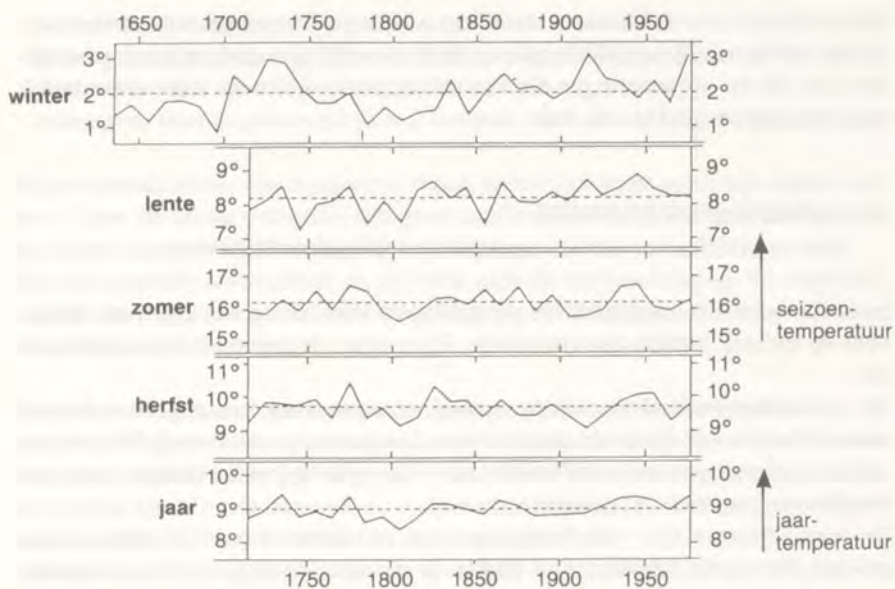
Wat gebeurt er?

Hoewel het vaststellen van kleine veranderingen moeilijk is en een vergelijking met vroeger soms zelfs onmogelijk is, bestaat er over de volgende signalen vrij grote eenstemmigheid onder klimatologen en fysici van de atmosfeer:

- De gemiddelde temperatuur van de atmosfeer is over de afgelopen eeuw minstens een halve graad toegenomen en deze stijging is ook de laatste paar jaar aanwezig (afb. 5.3).
- De laatste 100-150 jaar zijn de gletsjers zich gaan terugtrekken, sommige met een snelheid van meer dan 1 km per jaar.
- De zeespiegel vertoont over de afgelopen honderd jaar een stijging van ca. 20 cm (langs de Nederlandse kust) en mondiaal naar schatting 10-15 cm.
- Van een aantal gassen in de atmosfeer wordt vastgesteld dat de concentratie mondiaal toeneemt:
kooldioxide (CO_2) (gemeten sinds 1958) : toename 0,5% per jaar;
methaan (CH_4) (gemeten sinds 1970) : toename 1,1% per jaar;
gechloreerde fluorkoolwaterstoffen (CFK's) (sinds enkele jaren gemeten): toename 1-5% per jaar.

De ozonconcentratie in de onderste laag van de dampkring neemt in industriële gebieden in Amerika en Europa toe met 0,8% per jaar.

In de stratosfeer (bovenste laag van de dampkring), waar de feitelijke ozonlaag zich bevindt, is een mondiale toe- of afname niet duidelijk. Wel worden boven



Afb. 5.3 Temperatuurverloop te De Bilt.

De getrokken lijnen geven het 10-jaargemiddelde. De stippellijnen het gemiddelde over de hele reeks.

Antarctica verminderingen in de voorjaarsconcentratie waargenomen die veel groter zijn dan daar ter plekke of elders ooit zijn gemeten.

Bij een ingewikkeld systeem als de atmosfeer kan niet onmiddellijk worden gedacht aan direct aanwijsbare oorzaken.

Berekeningen tonen wel aan dat ingrijpende veranderingen als gevolg van menselijke activiteit verre van denkbeeldig zijn. Dit is ook in de praktijk gebleken: het verminderde gebruik van aardolie bij de oliecrisis in 1973/'74 had een vermindering van de toename van koolzuur in de atmosfeer tot gevolg. Anderzijds is het zo dat als wij in staat zouden zijn direct met beïnvloeding te stoppen, er dan nog grote en onvoorspelbare fluctuaties in het klimaat blijven optreden.

Ondanks alle onzekerheid is langzamerhand veel bekend over de mondiale temperatuurstijging als gevolg van het broeikaseffect van CO₂ en andere gassen, alsmede over de aantasting van de ozonlaag door chemische reacties als gevolg van industriële gassen zoals CFK's.

Sommige energiemogelijkheden resulteren in een verdubbeling van het CO₂-gehalte tussen 2050 en 2150. Dat lijkt ook in het ongunstigste geval nog ruim vijftig jaar te duren. Dit mag echter nauwelijks aanleiding zijn tot enige geruststelling en wel om twee redenen:

- ook andere gassen dan CO₂ die door hun broeikaseffect de temperatuur verhogen, nemen sterk in concentratie toe (methaan, stikstofoxiden en freonen);
- maatregelen om de emissie van koolzuur en andere gassen terug te dringen, hebben doorgaans een zeer lange looptijd.

Het probleem voor de klimaatwetenschap is het opsporen en aanwijzen van menselijke invloeden op het klimaat en op de samenstelling van de atmosfeer temidden van allerlei veranderingen die van nature plaatsvinden en ieder afzonderlijk nog onbegrepen zijn [14, 15, 16].

5.3 INFORMATIETECHNIEK

naar aanleiding van een vraaggesprek met prof.dr.ir. G. Nielen

In de informatietechniek gaat het om opslag en verwerking van gegevens. Gegevens op zichzelf hebben geen betekenis. Zij vormen de bouwstenen van informatie.

De technieken rond elektronische opslag en verwerking van gegevens hebben sinds de komst van de eerste elektronische computers, na de Tweede Wereldoorlog, al heel wat grenzen doorbroken, maar nog steeds lopen zij tegen barrières aan die nog lang niet zijn geslecht.

De verwachtingen zijn vaak hooggespannen en worden niet in de laatste plaats gevoed door grote beloften. Die blijken in de praktijk nog verre van haalbaar, omdat de informatietechniek eigenlijk pas aan het begin van haar ontwikkeling staat.

In de informatietechniek zijn twee belangrijke onderdelen te onderscheiden, die ieder hun specifieke eisen stellen, namelijk het *geheugen* om gegevens in op te slaan en uit terug te halen en de *verwerking* van die gegevens tot informatie.

Gegevens vormen een nogal ongrijpbare materie, waarover flink wat misverstanden bestaan. Veel mensen, vooral technici, praten over gegevens alsof het steenkolen zijn die zich op een vaste plek bevinden, die je kunt opgraven, wassen, sorteren, in zakjes doen en vervolgens verkopen.

Gegevens zijn echter abstract. Ze zijn niet tastbaar, ze moeten worden gemaakt en je kunt ze dupliceren of juist vernietigen.

Het is daarom niet mogelijk de wetmatigheden uit de natuurwetenschap of techniek zoals de fysica of de procesregeling, zonder meer los te laten op gegevens of gegevensverwerking.

Bij de informatietechniek moeten de gegevens op een of andere manier worden opgeslagen in het interne geheugen van de computer. Bovendien moet de computer behalve die opslagcapaciteit ook voldoende capaciteit aan werkgeheugen hebben om met die gegevens te kunnen omgaan.

Voorlopig lijkt het erop dat de behoefte aan geheugen veel groter is dan de techniek kan bieden. Eigenlijk staan computergeheugens pas aan het begin van hun ontwikkeling. Deze stelling wordt ondersteund door het feit dat er nog steeds grote bedragen worden besteed aan opvoering van de capaciteit en de snelheid.

Geheugens kunnen worden onderscheiden naar de activiteitsklasse van de gegevens. Zo zijn er:

- geheugens voor gegevens waarmee je direct omgaat, zoals bij een 'spreadsheet';

- intermediaire of tussengeheugens;
- geheugens voor gegevens die niet direct nodig zijn, maar die je ook niet kwijt wilt;
- geheugens voor gegevens die je wel bewaart, maar niet meer gebruikt.

Bij de ontwikkeling van computers vraagt iedere geheugensoort zijn eigen techniek. Voor de eerste categorie zijn grote snelheid en bereikbaarheid nodig; voor de andere categorieën telt vooral de capaciteit.

Op het ogenblik concentreert de techniek zich op twee richtingen: de chip-techniek en de magnetische techniek met schijven en banden of, als variant daarop, de compact disk-techniek.

De oudste vorm van elektro-magnetisch geheugen is het relais: een schakelaar die je aan of uit kunt zetten en waarin dus één bit (de kleinste rekeneenheid in een computer) kan worden opgeslagen. Een van de oudste automatische rekenmachines in ons land heette dan ook de Automatische Relais Rekenmachine Amsterdam, de ARRA. Deze werd in 1951 in gebruik genomen.

Als oudste elektronisch geheugen volgde snel de koud-kathodebuis die ook één bit kon opslaan.

Iets genuanceerder is de vertragingslijn: een medium waar bit-impulsen met lage snelheid doorheen lopen en aan het eind worden opgevangen, versterkt en teruggestuurd, net zo lang tot de gegevens nodig zijn. De Univac I had zo'n lusachtig, dynamisch geheugen van 12Kb ofwel 1000 woorden van 12 karakters, een paar velletjes A-4 dus.

Deze geheugens waren niet-retentief: zodra de stroom werd uitgezet, waren de gegevens verloren.

Het eerste permanente geheugen is de magnetische trommel. Deze werd in Nederland voor het eerst toegepast in 1953 in de PTT Elektronische Reken Automaat (PTERA). De magneettrommel werd snel gevolgd door de magnetische band. Deze heeft als bezwaar dat de band steeds heen en weer moet worden gespoeld om iets op een willekeurige plaats op te zoeken.

Een interessante ontwikkeling was het ferrietkerngeheugen. Dit geheugen had een capaciteit tot 10 Mb en een toegangstijd van vijf tot tien microseconden. Tot ongeveer tien jaar geleden was dat de belangrijkste techniek voor computergeheugens.

Daarna komt het micro-elektronische geheugen in de vorm van een 'chip'. Dit geheugen is zeer snel, maar in tegenstelling tot magneetschijven en -banden niet-permanent. Een supercomputer als de CRAY X-MP EA/164 heeft een snelheid van 300 miljoen instructies per seconde en een geheugen voor 4 miljard bits.

Sinds kort zijn er ook compact disks (CD's) waarop gegevens kunnen worden opgeslagen, maar de techniek waarmee dat gebeurt, verschilt niet wezenlijk van de magnetische technieken. Het voordeel van de CD boven de magnetische technieken is vooral gelegen in de nauwkeurigheid, de dichtheid en de prijs. Toch is ook dit nog een primitieve vorm van computergeheugen.

Er wordt hard gezocht naar betere technieken, maar voorlopig worstelt de informatietechniek hier met een zeer wezenlijke grens, die nog niet is geslecht.

Verwerking

De technieken voor gegevensverwerking zijn minstens zo belangrijk als die voor de opslag, maar eigenlijk is er sinds 1950 op dat gebied weinig gebeurd.

Voor de elektronische verwerking van gegevens zijn nauwkeurigheid en bedrijfszekerheid van doorslaggevend belang. Vroeger was de bedrijfszekerheid van elektronica zo gering dat de Univac I was uitgevoerd met dubbele registers. Alle huidige computers zijn overigens nog steeds gebouwd met veel redundantie en zijn daarmee zelfcorrigerend. De moderne computer maakt dan ook zelf geen fouten bij de verwerking van gegevens.

De accuratesse is dank zij de digitale techniek zeer hoog. Zolang de invoergegevens juist zijn, zullen de uitkomsten van een computerberekening altijd correct zijn. De complicatie zit vooral in de gegevens waarmee de computer wordt gevoed. De computer controleert die zelf niet op juistheid, waardoor het gevaar bestaat dat uitkomsten soms ten onrechte als juist worden gekwalificeerd.

Verwerkingscapaciteit

De verwerkingscapaciteit van computers is de belangrijkste begrenzing in de informatietechniek, die met de huidige techniek niet kan worden overschreden.

Wij lopen bijvoorbeeld tegen deze grens aan bij de verwerking van complexe berekeningen in een computer. Dat kan er toe leiden dat een computer nog maar voor één promille efficiënt is omdat zo'n computer 999 seconden met zichzelf bezig is om uit te vinden hoe hij de duizendste seconde het beste kan besteden. Overigens, als die machine maar snel genoeg is en bijvoorbeeld 10 miljard instructies per seconde aan kan, blijven er altijd nog 10 miljoen 'nuttige' handelingen per seconde over en in sommige gevallen kan dat toch rendabel zijn.

Met de huidige computers is een grens aan de verwerkingscapaciteit bereikt. Dat hangt samen met de genoemde grenzen aan geheugencapaciteit en vooral met de grenzen aan de techniek van de chip en aanverwante elektronica.

De huidige computer is gewoon te klein en te langzaam en zal dat voorlopig ook blijven.

Parallel

De huidige generatie computers werkt met formele, deterministische methoden en is daardoor uiterst accuraat en betrouwbaar.

De mens werkt met zijn hersenen parallel en met vuistregels (heuristisch) en dat geeft lang niet altijd accurate of consistente resultaten. De manier waarop mensen beslissingen nemen, is niet deterministisch, maar 'satisfactory', wij kunnen ermee leven.

Voorlopig lijkt het principieel niet mogelijk van een systeem te verlangen dat het parallel functioneert en tegelijkertijd honderd procent accurate resultaten geeft.

De parallelle computer is wellicht een principieel onmogelijk apparaat. Mischien moeten wij onze ideeën een andere richting opsturen en gaan zoeken naar iets wat wij zouden kunnen betitelen als 'heuristor': een apparaat dat wel elektronisch werkt, maar dan meer op de menselijke manier.

Sommige ideeën over kennissystemen gaan in die richting, maar voorlopig werken kennissystemen nog in gewone computers.

Voorlopig zijn er in de informatietechniek grenzen aan de snelheid en vooral aan de formele en deterministische manier van werken. Het wachten is op de 'heuristor', die exploratief en ogenschijnlijk onsystematisch en onvoorspelbaar te werk zal gaan. Het is echter een illusie dat wij de huidige grenzen in de informatietechniek kunnen oplossen door er meer techniek op los te laten.

5.4 COMMUNICATIETECHNIEK

naar aanleiding van een vraaggesprek met prof.dr. J.C. Arnbak

Informatie bestaat uit gegevens. Die gegevens hebben wij weten terug te brengen tot een uiterst simpele vorm, namelijk énen en nullen (in de computer), maar de technieken die behulpzaam zijn bij het communiceren zijn steeds ingewikkelder geworden.

Het uitwisselen van gedachten en informatie noemen wij communicatie. Het woord is afgeleid van 'communis', wat 'gemeenschappelijk' betekent. Communiceren betekent bijna altijd het doorbreken van grenzen. Deze barrières kunnen van de meest uiteenlopende aard zijn: afstand, taal, kennis, regels, voorschriften, tradities, cultuur, enz. De mens is altijd bezig geweest technieken te ontwikkelen om communicatie te vereenvoudigen en te bevorderen.

Een van de grootste doorbraken in de communicatietechniek was de uitvinding van de boekdrukkunst. In Nederland wordt daaraan de naam van Coster verbonden, in Duitsland Gutenberg en in Denemarken Van Ghemen, die van origine Nederlander was. Niet de druktechniek zelf was revolutionair. In feite drukte men al sinds de vroege middeleeuwen ongelooflijk verfijnde prenten. Geestelijke muziek, bijbelpagina's en fraaie ornamenten werden integraal in houtblokken gesneden. Het op die wijze produceren van een boek was echter wel een levenswerk; dat wil zeggen monnikenwerk in de meest letterlijke zin des woords, dat bijna uitsluitend in kloosters werd verricht.

De nieuwe techniek die de doorbraak mogelijk maakte, was echter geen monnikenwerk. In plaats van iedere pagina in haar geheel, inclusief tekst en afbeeldingen, uit één stuk hout te beitelen, werd de tekst ontbonden in losse karakters. Met slechts 26 standaardtekens konden nu veel sneller en flexibeler pagina's worden gezet, gedrukt en vermenigvuldigd, ongeacht de gebezigde taal.

In Nederland bestond een aantal zeer gunstige omstandigheden om de boekdrukkunst tot bloei te laten komen. Door de scheepvaart waren al een goed ontwikkelde distributietechniek en infrastructuur aanwezig.

Daarnaast heerste in ons land een vrij liberale opvatting over de grenzen van wat geschreven, gedrukt en uitgegeven mocht worden, in tegenstelling tot bijvoorbeeld Frankrijk.

Het was dus vooral het geestelijk klimaat waardoor Nederland zich een leidende positie kon verwerven in de uitgeverwereld. De bekendste uitgever waren de Elsevier's in Leiden en Amsterdam. Het eerste boek in Nederland werd in 1473 uitgegeven.

De verbreiding van de boekdruktechniek ging overigens niet zo soepel. Traditioneel waren de kerkelijke boeken uitsluitend bedoeld voor geestelijken en koorlei-

ders in de katholieke kerk. Bovendien waren zij gedrukt in het Latijn. In Denemarken bijvoorbeeld, duurde het zes jaar voordat Godfried van Ghemen echt kon profiteren van zijn in Nederland verworven technische kennis. Toen, in 1495, drukte hij het eerste Deense boek uit de geschiedenis. De inhoud was van het populaire genre: heldhaftige en erotische verhalen van de Scandinavische vorsten door de eeuwen heen, gedicht in een stoere ik-vorm. Deze populaire poëzie ging snel van de hand, kennelijk omdat Van Ghemen een gevoelige snaar in de Denen had getroffen.

Men kan hieruit concluderen dat de slaagkans van moderne techniek mede cultureel is bepaald.

Een volgende belangrijke ontwikkeling is de opzet van een openbaar distributienetwerk voor individuele berichten.

De vorige eeuw is de tijd van het ontstaan van de grote openbare diensten, met Engeland in een voortrekkersrol, met stoomschepen, klippers en spoorwegen en de ontwikkeling van de PTT's.

Het Engelse Post Office kreeg direct een monopolie, met daaraan verbonden de bezorgplicht van geschreven berichten binnen een voorgeschreven tijd, tot in alle uithoeken van het land, tegen eenheidstarieven, ook voor onrendabele streken. De Engelsen waren ook de uitvinder van de postzegel. Zelfs nu nog vermelden zij het land van herkomst niet op hun zegels.

Voor de tijd van de publieke diensten bestonden er al wel koeriers, maar die waren in dienst van koningen, veldheren en handelmaatschappijen. Ook waren er wel concessionaires (bedrijfjes die vergunning hadden het transport op een bepaald traject te verzorgen), bijvoorbeeld voor het schuitverkeer tussen Den Haag en Delft. Maar zowel die koeriers als de concessionaires verrichtten hun diensten voor zeer specifieke personen of op zeer specifieke trajecten.

Met de ontwikkeling van openbare diensten wilde de overheid zorgen voor een complete infrastructuur voor iedereen, overal, aaneengesloten, gestandaardiseerd en tot in alle uithoeken. Dat was alleen mogelijk door de introductie van normen en standaarden, ook oorspronkelijk een verdienste van de Engelsen.

Een andere technische doorbraak was de telegraaf, die het mogelijk maakte bij het berichtenverkeer over afstand de factor tijd te elimineren.

De Indianen deden dat ook al met hun wolkjes en ten tijde van Napoleon Bonaparte werd in 1794 door Chappe de eerste optische telegraaflijn voltooid tussen Parijs en Rijssel. Ook Nederland kende omstreeks 1836 tussen Den Haag en Breda een militaire optische telegraaf, bedacht door Lipkens. Dank zij Morse, die de tekens van het alfabet en de cijfers wist te reduceren tot punten en strepen, ontstond in 1837 pas echt een doorbraak en werd het begin ingeluid van het elektrische berichtenverkeer.

De telegraafdienst werd in Engeland direct opgenomen in het Post Office omdat men vond dat er geen verschil hoort te zijn tussen fysiek en elektrisch vervoer van documenten en berichten. Ook daar ging men over tot de invoering van standaardtarieven en een landelijke plicht onrendabele gebieden te bedienen.

Aanvankelijk werkte de telegraaf langs telegraafdraden. Pas toen men beseftte dat draadloze communicatie voor veiligheid kan zorgen (vooral na het ongeluk met de Titanic in 1912), werd er door de samenleving druk uitgeoefend ook draadloze

communicatie te ontwikkelen.

Een ontwikkeling die nu niet meer is weg te denken, is de telefonie, uitgevonden door Alexander Graham Bell. In 1875 slaagde Bell er in met stemgeluid kleine stroompjes op te wekken en die stroompjes op een andere plaats te gebruiken om klanken te vormen. De principes van zijn uitvinding zijn sindsdien niet veranderd.

Vroeger werden alle gesprekken door dames in een telefooncentrale met de hand doorverbonden. Een zekere heer Strowger in Kansas City maakte zich zo kwaad over het vermeend afluisteren van zijn gesprekken, dat hij een elektromechanisch schakelapparaat uitvond. Dit leidde in 1892 tot de eerste automatische telefooncentrale.

In Nederland werd de telefoon voor het eerst gebruikt in 1881 te De Cocksdorp. De Nederlandse regering besloot pas in 1930 tot automatisering van de openbare telefoonnetten. In 1962 was dit werk voltooid.

Tegen het einde van de jaren twintig werden de eerste radiotelefonieverbindingen tot stand gebracht. Tegenwoordig wordt veel telefoonverkeer afgewikkeld via grondkabels, straalverbindingen, onderzeese kabels en communicatiesatellieten. De telefonie heeft zich ontwikkeld tot het meest verbreide en meest gebruikte telecommunicatiemiddel. Deze ontwikkeling gaat nog steeds verder in de vorm van nieuwe technieken en nieuwe toepassingen. Specifieke grenzen lijken er meer te zijn in organisatie, tarieven en standaardisatie dan in de techniek zelf.

De twee wereldoorlogen hebben ieder hun specifieke invloed gehad op twee geheel nieuwe media: na de Eerste Wereldoorlog de radio-omroep en na de Tweede Wereldoorlog de televisie-omroep.

Oorlogen genereren altijd nieuwe technieken. In de Eerste Wereldoorlog is de veldradio ontwikkeld, die soms ook al in vliegtuigen werd toegepast. Openbare televisie is vooral mogelijk geworden door de ontwikkeling van krachtige hoogfrequente zenders voor de radar in de Tweede Wereldoorlog.

Ook in vreedetijd hebben militaire ontwikkelingen hun 'spin-off' gehad, zoals de huidige telecommunicatiesatellieten, die een direct vervolg van de spionagesatellieten zijn.

Met de komst van de telecommunicatiesatellieten in de jaren zestig werd het mogelijk beelden en gesprekken direct over te seinen naar iedere gewenste plek op de wereld. De science fiction-schrijver Arthur Clarke had die mogelijkheid al beschreven in de jaren veertig, maar dat had toch geen enkele invloed op de technische realiteit. Die laat zich blijkbaar eerder leiden door stuwende krachten als nationale veiligheid en competitie (zoals de wedloop tussen de Sovjetunie en de Verenigde Staten in de ruimtevaart).

De ontwikkelingen in de communicatietechniek hebben grote invloed op de opvattingen van mensen, die steeds uitgebreider en sneller kunnen worden ingelicht over wat er in de wereld gebeurt. De consequenties kunnen gigantisch zijn. Zo is het niet uitgesloten dat het verloop van de oorlog in Vietnam uiteindelijk sterk is beïnvloed door de publieke opinie, als gevolg van de zeer open visuele berichtgeving daarover met de nieuwe communicatiesatellieten.

De techniek biedt dus vele mogelijkheden op het gebied van communicatie, maar belangrijker is de cultuur en de mate waarin daarin vrijheid tot beschikbaarstelling en uitwisseling van informatie is ingebed.

Zo werkt een telefoonsysteem alleen maar goed als ook aan de eisen van oproepbaarheid, identificeerbaarheid, betaalbaarheid en adequate infrastructuur wordt voldaan. Een internationaal verdrag over openbare telecommunicatie zal ook altijd deze elementen bevatten.

Zo is het zonder telefoongidsen niet zonder meer mogelijk iemand te bellen. Die gidsen moeten dus beschikbaar zijn. Dit kan botsen met de opvattingen over privacy en in ons land is het dan ook mogelijk niet in de telefoongids te worden opgenomen.

Voor de betaalbaarheid geldt dat iemand die toevallig afgelegen woont, niet mag worden gediscrimineerd ten opzichte van stadsbewoners. De aanleg van een telefoonaansluiting kost in Nederland gemiddeld altijd nog zo'n vierduizend gulden, maar in de praktijk betaalt iedereen veel minder voor zijn aansluiting. Deze verliespost wordt terugverdiend op de gesprekskosten van grootverbruikers, zoals bedrijfsleven en overheid. Die subsidiëren zo de kleinverbruikers.

De privacy kan ook in het geding raken als de telefoonrekening wordt gespecificeerd. Technisch is dat geen probleem, maar niet iedereen in Nederland wil dat anderen weten met wie wanneer is gebeld. In de Verenigde Staten is het juist ondenkbaar dat een dergelijke specificatie niet wordt geleverd. Cultuur speelt dus weer een grote rol.

Ontwikkelingen in de telecommunicatie gaan in het algemeen langzaam, maar wel ordelijk. Zo is het recente succes van de telefax, juist ook internationaal, vooral te danken aan goede afspraken en standaardisatie. Door de vroege monopolieposities van de telecommunicatiebedrijven is er weinig energie verloren gegaan aan competitie tussen allerlei verschillende systemen. Daardoor zijn de mogelijkheden tot onderlinge verbinding zeer groot en heeft men een goed werkend internationaal telecommunicatienetwerk kunnen opbouwen.

Het tegenovergestelde is het geval in de computertechniek. Daar gaan de ontwikkelingen weliswaar razendsnel, maar zeer wanordelijk en in een sfeer van heftige competitie. Het gevolg daarvan is dat de mogelijkheden de verschillende systemen met elkaar te laten communiceren of met elkaar te verbinden nog steeds erbarmelijk slecht zijn. De grote competitie veroorzaakt dus vaak slechte connectiemogelijkheden. Internationale standaardisatie staat hier nog in de kinderschoenen.

In de telecommunicatie spelen technische barrières een steeds minder grote rol. Zeker bij de Europese integratie loopt men veeleer tegen institutionele barrières aan. Aan wie mag nog welk nationaal monopolie worden toegestaan? Hoe moeten de grenzen tussen de EG-landen worden geslecht? Hoe moet men de tarieven uniformeren? De techniek zal wat dat betreft een kleinere rol spelen bij de PTT. Het zijn vooral de organisatorische en culturele problemen die de grenzen bepalen van de mogelijkheden.

5.5 KERNENERGIE

naar aanleiding van een vraaggesprek met prof.dr. J.A. Goedkoop

Van de wereldelektriciteitsproductie wordt thans ongeveer 16% opgewekt in kerncentrales, die hun warmte ontlenuen aan de splijting van uranium en plutonium. Volgens sommige voorspellingen is daarmee een maximum bereikt. Dit doet de vraag rijzen tegen welke grenzen, vijftig jaar na de ontdekking van kernsplijting, de daarop gebaseerde techniek thans aanloopt.

Door de geografische spreiding van kerncentrales is op deze vraag geen eenvoudig antwoord te geven. In Azië blijft de toepassing van kernenergie zich uitbreiden, in Noord-Amerika is nog wel een aantal kerncentrales in aanbouw, maar er is nu al ruim tien jaar geen nieuwe meer besteld. Europa neemt een tussenpositie in, maar ook daar is de groei eruit. In Frankrijk komt dit doordat, met 80% nucleair, het punt van verzadiging is genaderd. In Zweden, met ongeveer 40% nucleair, verbiedt de wet de bouw van nieuwe kerncentrales (en schrijft voor dat de bestaande op bepaalde data moeten worden stilgelegd en dan niet mogen worden vervangen).

Economie

De reden voor deze stagnatie zou kunnen zijn dat elektriciteit uit kernsplijting toch te duur is gebleken. Nu is de economie van elektriciteitsopwekking geen eenvoudige zaak. Immers, als men investeert in een centrale met fossiele brandstof moet men maar afwachten hoe in de volgende dertig jaar de prijs van de te verstoken brandstof en vooral de politiek bepaalde heffingen of subsidies op die prijs zich zullen ontwikkelen. Voor de kerncentrale geldt dat de kapitaalkosten veel groter zijn dan bij fossiel gestookte centrales, zodat schommelingen in de prijs van de splijtstof weinig effect hebben op de kilowattuur-kosten.

Globaal kan men zeggen dat in Europa en Canada over kerncentrales alleen maar gunstige financiële resultaten worden gerapporteerd. In de Verenigde Staten, waar de elektriciteitsproductie grotendeels in particuliere handen is, is het beeld wisselend. In het Westen is steenkool zo goedkoop dat kernenergie er niet mee kan concurreren. Verder zijn bij de bouw van een aantal kerncentrales zulke vertragingen en kostenoverschrijdingen opgetreden dat de bouwheren in grote financiële moeilijkheden zijn geraakt en in sommige gevallen hun projecten hebben opgegeven. Soms werd dit door incompetentie veroorzaakt, vaker echter was de aanleiding politiek van aard.

Wat is kernenergie?

In de natuur komen 92 elementen (soorten atomen) voor zoals waterstof, koolstof, zuurstof, nikkel, koper, goud en uranium. Elk atoom bestaat uit een zware kern, waar lichte deeltjes (elektronen) omheen bewegen. De kern bestaat uit protonen en neutronen, die door sterke krachten bijeen worden gehouden. Dat betekent dat in zo'n kern een grote hoeveelheid energie is opgesloten. Er zijn atoomkernen die, als zij

worden getroffen door een vrij rondvliegend neutron, in twee brokken uiteenvallen (kernsplijting). Een deel van de energie die in de kern was gebonden, komt daarbij vrij.

Hoe werkt een kernreactor?

Het uranium zoals dat in de natuur wordt gevonden, is een mengsel van twee soorten, namelijk U-235 (met een kern van 92 protonen en 143 neutronen) en U-238 (met een kern van 92 protonen en 146 neutro-

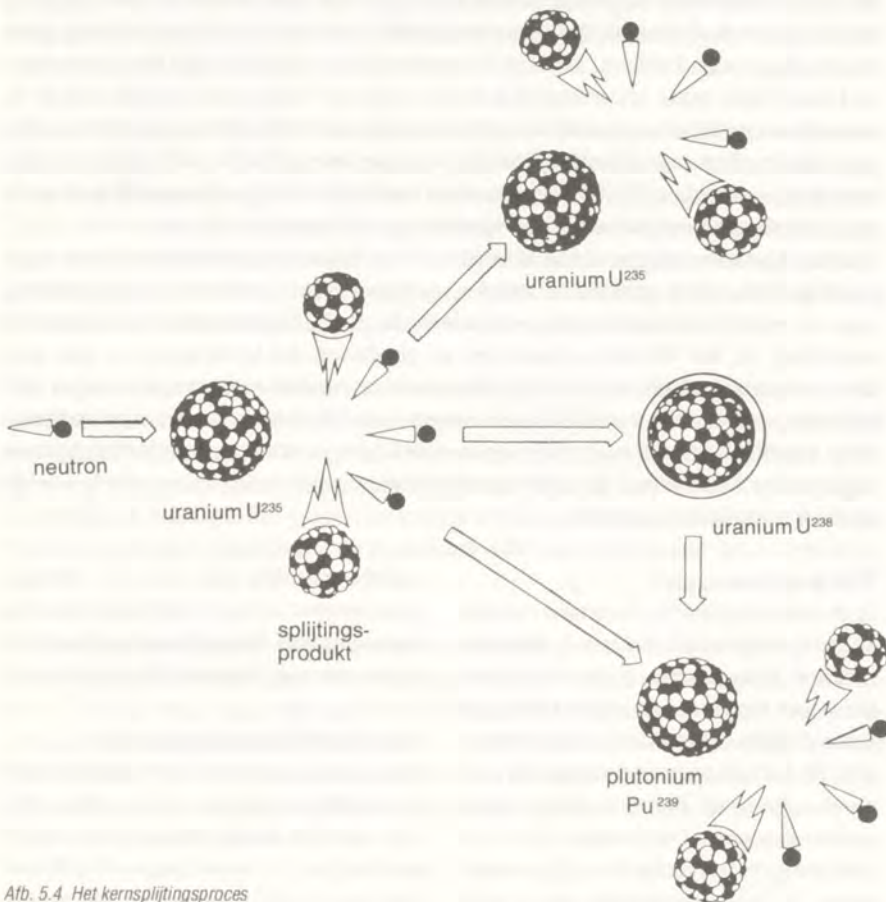
nen). Voor kernsplijting is alleen U-235 direct bruikbaar. Van elke duizend uraniumatomen in de natuur zijn er slechts zeven van de soort U-235. Die 0,7% U-235 is te weinig om het proces van kernsplijting gemakkelijk tot stand te brengen. Daarom wordt het uranium verrijkt (o.a. bij Ultra Centrifuge Nederland te Almelo) tot een gehalte van 2 à 3% U-235.

Het verrijkte uranium wordt ondergebracht in een lange, dunne metalen huls (splijfstofstaaf). Een groot aantal van deze splijfstofstaven wordt opgesloten in een met water gevuld stalen vat (reactorvat). In een nieuwe kernreactor wordt het splijttingsproces op gang gebracht door het tijdelijk inbrengen van een neutronenbron. Bij de kernsplijting van U-235 worden twee lichtere kernen van nieuwe atomen gevormd.

Dat zijn de splijttingsprodukten. Tevens komen er twee à drie neutronen vrij. Zie afb. 5.4.

Het in de splijststofstaven aanwezige U-238 wordt uiteraard ook door neutronen getroffen. De U-238-kern wordt echter meestal niet gespleten. Hij absorbeert een neutron en wordt daardoor omgezet in een andere atoomkern, namelijk Pu-239, plutonium. Deze plutoniumkernen zijn wel splijtbaar en kunnen dus ook aan het splijttingsproces deelnemen.

De in het proces vrijkomende neutronen hebben een zo hoge snelheid, dat zij weinig gelegenheid hebben een splijtbare kern te treffen. Zij worden echter in het omringende water afgeremd tot een voldoende lage snelheid om de kernsplijting in stand te houden.



Afb. 5.4 Het kernsplijttingsproces

De wegvliegende splijtingsprodukten worden in de splijtstofstaaf afgeremd. De daarvoor veroorzaakte warmte wordt aan het omringende water afgestaan.

In een kokendwaterreactor (Dodewaard) komt het water in het reactorvat tot koken. De stoom drijft een turbine aan. Deze is gekoppeld aan een generator waarmee elektriciteit wordt opgewekt. Na het passeren van de turbine condenseert de stoom tot water en dat wordt naar het reactorvat teruggevoerd.

In een drukwaterreactor (Borssele) is de druk zo hoog dat het water niet gaat koken. Het verhitte water circuleert in het gesloten primaire circuit van een warmtewisselaar. In het secundaire circuit van de warmtewisselaar, dat volledig gescheiden is van het primaire, wordt stoom geproduceerd. Deze drijft een turbine aan met de daaraan ge-

koppelde elektriciteitsgenerator.

De warmteproductie in het reactorvat en daarmee de hoeveelheid opgewekte elektriciteit worden geregeld met regelstaven, die tussen de splijtstofstaven kunnen worden gestoken. De regelstaven bevatten een materiaal dat neutronen absorbeert. Worden de regelstaven volledig ingevoerd, dan worden zoveel neutronen geabsorbeerd dat de reactor stopt.

De al eerder genoemde splijtingsprodukten (nieuwe atoomkernen) zijn radioactief, dat wil zeggen niet stabiel. Zij vallen uiteen tot stabiele atoomkernen en dat gaat gepaard met de uitzending van straling, die schadelijk kan zijn voor de gezondheid.

De kernreactor is omsloten door een aantal omhullingen, die er voor moeten zorgen dat er geen radioactieve stoffen naar buiten komen.

Milieubezwaren

Het voorgaande brengt ons tot wat meestal milieubezwaren worden genoemd. Aanvankelijk was zo'n bezwaar wel eens de lozing van verwarmd koelwater, maar algemeen wordt thans beseft dat deze inherent is aan elke thermische elektriciteitsopwekking. Specifiek voor de kernenergie is daarentegen dat er bij het splijtingsproces meer radioactiviteit ontstaat dan die van het verspleten uranium: in de eerste plaats levert splijting zelf brokstukken met kortere halveringstijden, daarnaast wordt een klein deel van de neutronen, die de drager zijn van de kettingreactie, gevangen in andere atoomkernen waardoor deze radioactief worden. Eertijds is dan ook als bezwaar tegen kernenergie aangevoerd dat zulke radioactieve stoffen, met het koelwater dan wel met de ventilatielucht, in de omgeving zouden worden geloosd en dan door hun straling schade zouden berokkenen aan de omwonenden. Systematische metingen rond honderden kerncentrales gedurende tientallen jaren hebben echter uitgewezen dat deze stralingsbelasting in het niet valt bij de variaties in het natuurlijke stralingsniveau. Relevanter is misschien dat de fysiologische effecten ervan gering zijn vergeleken met die van de luchtverontreiniging bij het verstoken van fossiele brandstof.

Dat die stralingsbelasting zo klein is, komt doordat kernreactoren zo groot zijn geconstrueerd en zo worden bedreven dat heel weinig radioactiviteit naar buiten komt en dat roept natuurlijk de vraag op wat er dan verder mee gebeurt. Daartoe moet men beseffen dat het uranium de reactor ingaat als uraniumoxide, gesinterd tot cilindrische tabletten die in dichtgelaste metalen hulzen (splijtstofstaven) zijn verpakt. De meeste splijtingsprodukten en ook het gevormde plutonium, blijven in het oxide steken; enkele gasvormige komen eruit, maar blijven dan binnen de hulzen. Minder goed gelokaliseerd zijn de radioactieve stoffen die door neutronvangst buiten de splijtstofstaven ontstaan. Zij komen voornamelijk terecht in ionenwisselaars en filterpakketten, in mindere mate op poetslappen, hand- en

overschoenen, enz.

Aldus ontstaan in een kerncentrale verschillende categorieën radioactief afval. Speciaal de lengte van de halveringstijden van sommige daarin aanwezige nucliden, wordt ook nu nog vaak aangevoerd als een doorslaggevend bezwaar. In feite echter vormen de verwerking en de opslag van geen van deze categorieën afval een wezenlijk probleem. Dit in tegenstelling tot de reststoffen van steenkoolverbranding, die veel volumineuzer zijn en die voor zover toxisch, dat eeuwig blijven.

Rampen

Zelfs in het dichtbevolkte Nederland met 6% eigen nucleaire elektriciteitsopwekking is het afval daarvan (en van ander werk met radioactieve stoffen) inmiddels geen probleem gebleken. Binnenkort begint in Borssele de bouw van een inrichting waarin de hele productie gedurende de komende honderd jaar kan worden opgeslagen.

Zo blijken langzamerhand alle milieubezwaren tegen nucleaire elektriciteitsopwekking van weinig betekenis, zeker in vergelijking met de milieu-aantasting door het stoken van fossiele brandstoffen. Blijft echter de kans op ongelukken waarbij de zorgvuldige opsluiting van de radioactiviteit teloor gaat. Twee van zulke ongelukken hebben zich voorgedaan en vooral deze zijn verantwoordelijk voor de huidige malaise.

Op 28 maart 1979 stagneerde door een samenloop van technische mankementen en bedieningsfouten de warmte-afvoer uit de reactor Three Mile Island 2 in Pennsylvania. Een deel van de splijtstofstaven smolt, maar het stalen drukvat bleef intact. Niettemin ontsnapte door leidingen een klein deel van de splijtstofproducten. Verdere verspreiding van de meeste daarvan werd voorkomen doordat het geheel (zoals alle reactoren in de westerse wereld) in een stalen veiligheidsomhulling was opgesloten. Slechts enkele gasvormige radionucliden kwamen in de atmosfeer terecht. Van de omwonenden liep niemand een significante stralingsdosis op, maar financieel was dit ongeluk (men is heden ten dage nog met de opruiming bezig) een ramp.

Veel ernstiger was het nog vers in het geheugen liggende ongeluk op 26 april 1986 met Tsjernobyl-4 in de Oekraïne. Door onverantwoordelijk handelen met een juist daarvoor erg gevoelige installatie werd een aanzienlijk deel van de splijtstofproducten over heel Europa verspreid. Modelmatig moet worden aangenomen dat daardoor onder de thans levenden een duizendtal extra gevallen van kanker zullen optreden. Waarneembaar zal dat niet zijn. Wel waren dat de 31 doden onder degenen die rechtstreeks bij het ongeluk waren betrokken en de nu nog verlaten steden en dorpen in de omgeving van Tsjernobyl.

Nederland

Had TMI-2 vooral gevolgen in de Verenigde Staten (nieuwe veiligheidseisen, leidend tot kostbare wijzigingen, ingewikkelder procedures en langdurige onderbrekingen in bouw en bedrijf), Tsjernobyl betekende vooral een keerpunt in Europa. Nemen wij als illustratie daarvan ons eigen land: twee kerncentrales, van 60 en 450 MW, draaien daar al jaren voortreffelijk; er wordt ongeveer evenveel elektriciteit betrokken van buitenlandse kerncentrales en in Almelo wordt verdiend aan de scheiding van de uraniumisotopen voor vooral buitenlandse klanten. Het eer-

ste kabinet Den Uyl reageerde in 1974 op de oliecrisis door de bouw van drie nieuwe kerncentrales voor te stellen en sindsdien is daarover gepraat, deels op nationale schaal als Brede Maatschappelijke Discussie. Aan de vooravond van Tsjernobyl was de toenmalige regering zover dat zij, met een redelijke kans op succes, aan het parlement zou voorstellen de bouw van twee nieuwe kerncentrales toe te laten. Het ongeluk, met kamerverkiezingen voor de deur, leidde tot een haastige terugtocht en een herbezinning. Die is inmiddels achter de rug, maar alweer naderen verkiezingen en gebeurt er ondanks aandrang van de elektriciteitsopwekkers verder niets.

Wel ligt er thans een Nationaal Milieubeleidsplan ter tafel. Daarin wordt veel aandacht besteed aan het broeikas-effect. Terecht, want als dit inderdaad zou leiden tot versnelde stijging van het zeeniveau, zou dat voor Nederland uitermate zorgwekkend zijn. Nu kan Nederland daar zelf niet zoveel aan doen, maar een mogelijke bijdrage zou natuurlijk zijn meer elektriciteit door kernsplijting op te wekken en aldus de uitstoot van kooldioxide te verminderen. Discussie van die mogelijkheid wordt echter kennelijk niet opportuun geacht.

Toch kan het daar niet bij blijven. Na het koelwater, de radioactieve lozingen en het dito afval zullen ook mogelijke nucleaire rampen nuchter moeten worden vergeleken met die verbonden aan andere methoden om elektriciteit te maken. De breuk van de stuwdam van een waterkrachtcentrale in India met 15.000 doden in het zelfde jaar als TMI-2 is wellicht niet relevant voor Nederland, dat het voornamelijk zal moeten hebben van thermische centrales. Wel relevant voor Nederland zijn de explosie op het Noordzee-platform Piper Alpha met 165 doden, een Duitse kolenmijnexplosie in 1988 met 57 doden en de gasexplosie in 1989 langs de Transsiberische spoorlijn met een kracht vergelijkbaar met de bom op Hiroshima en honderden slachtoffers.

De herbezinningsstudies wijzen uit dat ongelukken met zoveel slachtoffers bij nieuw te bouwen kerncentrales uitgesloten mogen worden geacht. Maar, kan men met de trieste Oekraïense beelden voor ogen tegenwerpen, volgens diezelfde studies zou een ontsnapping van 0,1% van de reactorinhoud al voldoende zijn voor grootscheepse evacuatie en een schade van meer dan tien miljard gulden.

De kans daarop wordt geschat op eens per miljoen reactorbedrijfsjaren. Anderzijds heeft de uitvoering van de Deltawet de kans op een herhaling van een watersnoodsramp zoals in 1953 teruggebracht tot eens in de tienduizend jaar. Het is geenszins zeker dat het broeikas-effect de zeespiegel inderdaad zal doen rijzen. Niettemin moet de mogelijkheid dat aldus op den duur grote overstromingen worden veroorzaakt, worden afgewogen tegen de kans op een grootscheepse radioactieve besmetting door een kerncentrale die het broeikas-effect vermindert.

De grens bereikt?

Wij zien op vele plaatsen de ontwikkeling van de kernenergie stagneren, in stadia en door oorzaken die van land tot land sterk verschillen. Een duidelijke grens aan de toepassing van deze techniek hebben wij dan ook niet kunnen ontwaren.

5.6 BIOTECHNIEK EN GENETICA

*naar aanleiding van vraaggesprekken met prof.dr. R.A. Schilperoort en
prof.dr. M.F. Niermeijer*

Biotechniek is letterlijk zo oud als de weg naar Rome, of liever: uit Rome. De rondtrekkende Romeinse legers hebben op grote schaal onvruchtbare akkers in heel Europa bemest door middel van het gewas lupine, dat zij met zich meevoerden en uitzaaiden. Zonder dat zij zich dat realiseerden, hebben zij daarmee de bodembacterie *Rhizobium* verspreid. Die bevindt zich in de wortelknolletjes van de lupine. In deze wortelknolletjes zorgen de rhizobia voor binding van stikstof uit de lucht, waardoor de akkers vruchtbaar worden. Lupine wordt nog steeds voor dit doel gebruikt.

Biotechniek maakt gebruik van biologische processen en principes voor doeleinden in de industrie, landbouw, gezondheidszorg en milieuzorg.

In de praktijk wordt veel gebruik gemaakt van micro-organismen, maar ook steeds meer van celculturen van dierlijke of plantaardige afkomst.

Het gebruik van micro-organismen en dus de biotechniek is in feite nog ouder dan het gebruik van lupine door de Romeinen. Reeds 2500 jaar voor Christus bereidden de Assyriërs en de Egyptenaren bier en wijn door de vergisting van granen, respectievelijk druiven. Ook kaas en brood waren in de oudheid bekend.

Door ontdekkingen van Louis Pasteur kwam in de periode 1865 tot 1940 de industriële microbiologie op gang met de produktie van organische oplosmiddelen (alcohol, butanol, aceton), organische zuren (citroenzuur, melkzuur) en de ontwikkeling van aërobe zuivering van afvalwater.

Tussen 1940 en 1960 kwam de grootschalige moderne fermentatietechniek tot ontwikkeling, nadat Alexander Fleming bij toeval in 1928 het antibioticum penicilline ontdekte. Een grote variëteit aan antibiotica werd in deze periode op de markt gebracht. Tevens kwam de dierlijke celkweektechniek op gang voor de produktie van virusvaccins. Via microbiële omzetting van steroïden werd cortison geproduceerd voor de anticonceptiepil.

Tussen 1960 en 1975 kon door ontwikkelingen in wetenschap en techniek steeds meer langs biotechnische weg tot stand worden gebracht. Voorbeelden zijn de produktie van aminozuren (glutaminezuur, lysine), single cell protein (SCP), enzymen (wasmiddelen, isomerasen), bacteriële polysacchariden (xanthaan) en gasohol (benzine/alcohol). Verder kwam de anaërobe afvalwaterzuivering met produktie van biogas tot stand.

De periode van de nieuwe of moderne biotechniek wordt gekenmerkt door twee zeer belangrijke doorbraken: de genetische manipulatie (1974) en de hybridomatechniek voor de produktie van monoklonale antilichamen (1975).

In de ontwikkelingslijn van de biotechniek zijn dus drie fasen te onderscheiden: een eerste fase van beschrijvende en empirische techniek, gevolgd door een fase van begrijpende biologie en technologie, die nu uiteindelijk is overgegaan in een

derde fase van meer beheerste biologie en voorspellende technologie. Deze laatste fase is mede mogelijk geworden door de ontwikkeling van de moleculaire biologie en de genetica, die duidelijk maken op welke moleculaire principes de wetten van Mendel, dat wil zeggen de klassieke genetica, berust.

Eind vorige eeuw heeft Mendel na lang experimenteren zijn wetten geformuleerd. Daarmee legde hij de basis voor de genetica of erfelijkheidsleer. Hij stelde vast dat het mogelijk is van een aantal eigenschappen van de ouders te berekenen hoe deze zich statistisch zullen verdelen over het nageslacht. Met die wetenschap is het mogelijk bepaalde plantensoorten te kruisen om daarmee bewust specifieke eigenschappen naar voren te laten komen.

Mendels theorieën stuitte op weerstand uit christelijke richting, waartoe veel kwekers in Nederland behoorden. Het kruisen van plantenrassen is een vorm van manipulatie van de natuur en de toen heersende christelijke opvatting stelde dat men de natuur aan God moet overlaten. Daardoor vonden de inzichten van Mendel geen ingang in het onderwijs en werden zij lange tijd nauwelijks gebruikt.

Begin deze eeuw zijn de wetten van Mendel bevestigd door De Vries en andere genetici, die toen het kweken van zuivere rassen propageerden. Tegenwoordig kweekt men juist uitsluitend hybride (bastaard-)gewassen met een grote zogenaamde 'vigour' (groeikracht, sterkte en produktievermogen). Dat blijkt in de praktijk ook veel betere resultaten te geven.

Ondanks de inspanningen van De Vries werden de genetische wetten pas na de Tweede Wereldoorlog langzaam geaccepteerd.

In 1944 was Avery de eerste die meldde dat het erfelijk materiaal in organismen bestaat uit DNA (desoxyribonucleïnezuur). Eind jaren vijftig legden Watson en Crick vast hoe het DNA in principe in elkaar zit en hoe de erfelijke informatie daarin is opgeslagen.

Naast kennis omtrent de structuur van het DNA in de genen, is het belangrijk te weten volgens welke mechanismen de opgeslagen informatie tot uitdrukking komt of juist wordt onderdrukt: hoe wordt de informatie omgezet in een eigenschap. Dank zij systematisch onderzoek heeft men de nodige kennis kunnen verkrijgen. Dat heeft in de jaren zeventig geleid tot de doorbraak van de zogenaamde recombinant-DNA-techniek. Daarmee kon een aantal belemmeringen worden weggenomen van de 'oude' biotechniek. Die berustte voornamelijk op empirisch gevonden wetten en men kon de groei van bepaalde micro-organismen niet altijd in de hand houden. Nu is het mogelijk geworden een efficiënter gebruik te maken van biologische systemen.

In 1974 kondigden Berg en Cohen op het Asilomar-congres (Verenigde Staten) aan dat zij experimenteel bezig waren genen over te zetten van het ene organisme naar een ander. Tegelijk vertelden zij dat zij eigenlijk geen idee hadden van de mogelijke gevolgen van hun experimenten. Onderzoekers zelf begonnen zich toen ongerust te maken over mogelijke catastrofale gevolgen, zoals de verspreiding van gevaarlijke virussen of bacteriën. Op dat congres is toen besloten alle onderzoek, over de hele wereld, stil te leggen en alleen nog experimenten toe te

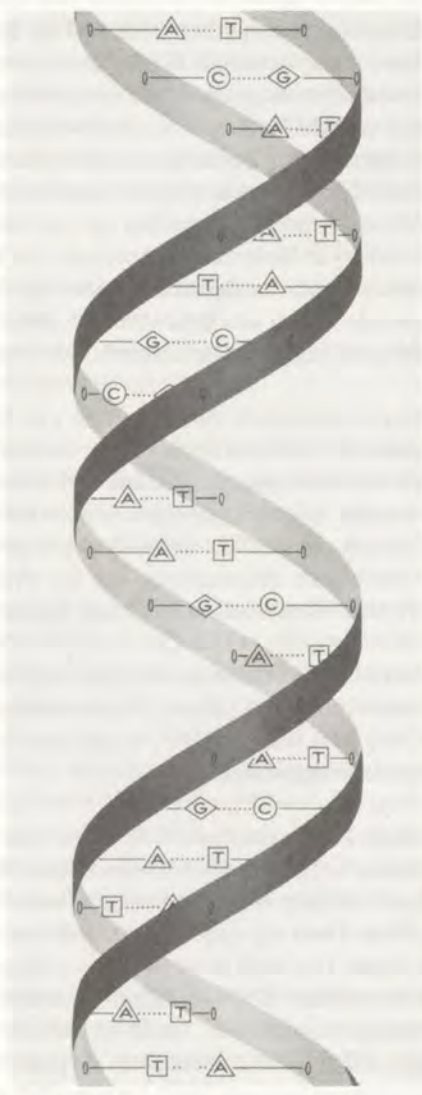
Wat is DNA?

DNA is een molecuul bestaande uit twee complementaire ketens met elk honderdduizenden tot miljoenen van slechts vier bouwstenen (de nucleotiden A, G, T en C). De verbindingen tussen de ketens worden gevormd door waterstofbruggen tussen de nucleotiden, te vergelijken met treden van een wenteltrap. Nucleotide A kan alleen een brug met nucleotide T maken en nucleotide C alleen met G. Dit betekent dat als de ene helft van een DNA-dubbelstreng bekend is, de andere helft daaruit volgt. Dit vormt de basis voor de reproductie van DNA en daarmee van de voortplanting. Zie afb. 5.5.

Eiwitten zijn de moleculen die een organisme in stand houden en de ontwikkeling ervan bepalen. Een eiwit is opgebouwd uit aminozuren. In de natuur komen twintig aminozuren voor.

De aanmaak van een eiwit in een organisme wordt bepaald door het DNA. Het stuk DNA dat de codes van de aminozuren van een eiwit bevat, heet een gen. Per aminozuur is een code van drie opeenvolgende nucleotiden nodig. Als we zouden stellen dat een gen een zin is met informatie voor een eiwit, dan bestaat elk woord van die zin uit drie letters.

In een organisme kunnen zeer veel eiwitten voorkomen, de mens heeft er ongeveer honderdduizend. De honderdduizend genen die de codes voor deze eiwitten bevatten, worden bij elkaar het menselijk genoom genoemd. De kans op een foutje in een nucleotide of ander onderdeel van de genetische code is niet nul. De gevolgen van zo'n foutje kunnen variëren van nul, via extra gevoeligheid (bijv. arthritus), tot een erfelijke ziekte (bijv. sikkelcelanemie).



Afb. 5.5 Model van het DNA-molecuul

staan onder zeer speciale condities.

Vanaf dat moment werden experimenten alleen nog maar toegestaan in quarantaine met zware fysieke en biologische barrières. De fysieke barrières bestonden uit luchtsluizen, luchtfilters en zelfs een laboratorium op een eiland. De biologische barrière bestond er uit dat de micro-organismen met behulp van de recombinant-DNA-techniek 'kreupel' werden gemaakt. Zodra zo'n organisme uit de laboratoriumcondities ontsnapt, desintegreert het volledig en vernietigt het zichzelf.

Dit moratorium op DNA-onderzoek kwam dus voort uit de wetenschappelijke wereld zelf. Dat was nooit eerder voorgekomen in de geschiedenis. De beweegredenen kwamen vooral voort uit gebrek aan kennis omtrent mogelijke gevaren en stonden op dat moment los van ethische argumenten. Wel leidde het tot een discussie tussen wetenschap en samenleving, waarbij de samenleving werd ingelicht over dit nieuwe terrein van onderzoek.

Het DNA-onderzoek werd aanvankelijk uitgevoerd door chemici en moleculairbiologen. Toen ook biologen en epidemiologen in het onderzoek werden betrokken, begon het besef door te dringen dat het gevaar van catastrofes niet zo groot was als men aanvankelijk vreesde. De epidemiologen waren beroepshalve allang op de hoogte van de verspreidingsstrategieën van micro-organismen in de natuur en kenden de wetmatigheden van epidemieën. Het blijkt zeer moeilijk te zijn kunstmatig iets te fabriceren dat gevaarlijker is dan de reeds bekende ziekteverwekkende micro-organismen. En als dat al zou lukken, dan is het nog niet gezegd dat zo'n organisme zich zomaar zal verspreiden.

Daarom liet men langzamerhand de teugels iets vieren en werden er richtlijnen opgesteld die aangeven welke experimenten onder quarantainecondities moeten worden gedaan en welke niet.

Bovendien werden er strenge wettelijke regels vastgesteld voor het in de natuur brengen van genetisch gemanipuleerde organismen. Voor ieder nieuw organisme moet nu met een risico-analyse worden nagegaan of gebruik daarvan nadelige gevolgen kan hebben en zo ja, welke.

De technische kant van het onderzoek richtte zich vooral op de scheidings- en selectietechnieken die nodig zijn om specifieke stukjes DNA gericht en beheerst los te 'knippen' en in een ander genoom te plaatsen. Dat knippen gebeurt met enzymen. Vroeger gebeurde dat willekeurig, maar met de huidige stand van de techniek is het mogelijk zeer gericht genen over te zetten van het ene organisme in een ander.

Overzetten van stukjes DNA alleen is niet voldoende. Daarom is tegelijkertijd hard gewerkt aan de ontwikkeling van technieken om DNA uit een bepaalde soort ook tot *expressie* te laten komen in de andere soort waarin het is overgebracht.

Recombinant-DNA-techniek wordt gebruikt voor het manipuleren van micro-organismen. Die kunnen dan worden gebruikt voor de productie van bepaalde menselijke eiwitten (als medicijn), voor de bereiding van nieuwe vaccins en voor het produceren van industriële enzymen.

Recombinant-DNA-techniek wordt ook gebruikt voor de veredeling van planten en tegenwoordig ook van dieren. Hierbij gaat het niet altijd om het toevoegen van eigenschappen, maar in veel gevallen om het uitschakelen van hinderlijke eigenschappen. Dit kan gebeuren door een stukje DNA gericht in een gen te schieten om daarmee dit gen te inactiveren.

Aanvankelijk werd aangenomen dat dit alleen bij micro-organismen mogelijk was, maar sinds enkele jaren is bekend dat in beginsel ook bij hogere organismen, planten, dieren en mensen, eigenschappen kunnen worden veranderd met behulp van genterapie.

Planten kunnen uit één cel weer helemaal uitgroeien, dus daar kan zo'n veranderde eigenschap eenvoudig worden vermenigvuldigd.

Als wij dat ook bij mens en dier zouden willen, dan zou zo'n verandering moeten plaatsvinden in het stadium dat de eicel net is bevrucht. De manier waarop de eigenschappen in de dierlijke eicel zijn vastgelegd, zijn echter zo complex en omvangrijk dat een dergelijke genetische manipulatie in de praktijk technisch moeilijk uitvoerbaar is. Wel wordt het wellicht op korte termijn mogelijk beenmergcellen genetisch te manipuleren en weer terug te brengen in het merg om daarmee het immuunsysteem of de aanmaak van bloed gunstig te beïnvloeden. Maar die eigenschap komt dan niet in de geslachtscellen.

Hoewel in bepaalde toepassingen, zoals het maken van nieuwe (medische) producten, gebruik wordt gemaakt van genetische manipulatie, heeft veel in de biotechniek weinig met genetische manipulatie te maken.

Genetische manipulatie heeft wel gezorgd dat wij heel precies te weten zijn gekomen hoe eigenschappen van een organisme tot stand komen en hoe de processen in zo'n organisme worden geregeld. Daardoor kunnen wij die organismen beter begrijpen en besturen.

De discussie over ethische aspecten van biotechniek en genetica is inmiddels ruimschoots op gang gekomen.

Behalve dat de mensen vaak het gevoel hebben geen greep op de zaak te hebben en conflicten zien met de heersende normen, spitst deze discussie zich toe op de volgende concrete aspecten:

- De toegenomen kennis over de bouw van de ongeveer honderdduizend menselijke erfelijke eigenschappen leidde tot sterk verbeterde diagnostiek van erfelijke ziekten. Ook de bijdrage van erfelijke factoren aan veel voorkomende ziekten, zoals sommige vormen van kanker, hart- en vaatziekten en sommige psychische ziekten werd duidelijker. Dat stelt discussies over gelijkheid en gelijkwaardigheid van mensen in een ander daglicht.
- De mogelijkheden bij prenatale diagnostiek heeft voor veel echtparen met een risico op een ernstige erfelijke aandoening bij hun nageslacht, de mogelijkheid geopend hun gezin te voltooien met gezonde kinderen. Voor sommigen introduceert dat nieuwe problemen: wat moet men onderzoeken en welke consequenties verbindt men daaraan?
- De maatschappelijke gevolgen, vooral van *voorspellend* onderzoek zijn groot. De genkartering (het bepalen van erfelijke eigenschappen en afwijkingen) doet de vraag rijzen of je de betrokkene van al zijn potentiële afwijkingen op de hoogte moet stellen. Dit klemmt te meer omdat er in de meeste gevallen nog geen therapie voor erfelijke afwijkingen bestaat.
- Het in kaart brengen van genen is thans nog slechts beperkt mogelijk. Men is inmiddels begonnen met het bepalen van de volgorde van het hele menselijke genoom. Daardoor leert men in principe alle genen in het DNA herkennen. Dat houdt echter nog niet in dat van al die genen de betekenis bekend is. Van een aantal genen is die betekenis inmiddels wel bekend, maar van een groot aantal nog niet. In de toekomst zullen de mogelijkheden toenemen. Ook dan zal het bij een afzonderlijk individu slechts mogelijk zijn een beperkt aantal genen te onderzoeken. Het onderzoek van alle honderdduizend genen van een individu blijft onmogelijk en is bovendien zinloos. Veel normale levens- en ziekteprocessen zijn namelijk een samenwerking tussen erfelijke en omgevingsfactoren.

Het genenbeeld zou dus slechts zeer weinig zeggen over iemands intelligentie, levensverwachting of te verwachten doodsoorzaak.

- De mogelijkheid bij iemand een aantal ernstige erfelijke ziekten nauwkeurig te voorspellen of uit te sluiten, ook die ziekten die later in het leven optreden, kan onnodige angst of valse zekerheid bij de persoon in kwestie veroorzaken.
- Moeilijk is het met het vèrgaande recht van werkgevers en verzekeringsmaatschappijen vragen te stellen. Vroeger kon men in het erfelijkheidsonderzoek alleen de kansen aangeven op mogelijke afwijkingen. Tegenwoordig is het mogelijk precies aan te geven welke mensen een bepaalde aandoening kunnen krijgen en welke niet. Dit blijkt voor steeds meer ziekten mogelijk. Verwacht wordt dat het over zo'n vijftien jaar mogelijk is voor iedereen het risico te bepalen op vroegtijdige ziekten of sterfte. Iedereen heeft één of meer afwijkende genen, maar dat kan nu nog slechts voor een beperkt aantal afwijkingen worden vastgesteld. Zolang dat nog niet voor alle afwijkingen mogelijk is, kunnen sommige mensen dus door werkgevers en verzekeringsmaatschappijen worden benadeeld.
- De publieke discussie richt zich momenteel op de meer spectaculaire aspecten van genterapie en genetische manipulatie van ei- en zaadcellen en gaat zelfs over de vorming van supermensen en klonen (kopieën van één mens). In de dagelijkse praktijk van het erfelijkheidsonderzoek zijn deze zaken echter helemaal niet aan de orde.
- Met genterapie is buitengewone voorzichtigheid geboden, maar in sommige gevallen kan het levensperspectief door genterapie worden vergroot. Het is goed te beseffen dat enquêtes bij zieke mensen uitwijzen dat zij graag genterapie zouden willen ondergaan en dat veel gezonde mensen dit afwijzen op grond van ethische normen. De vraag dringt zich dan op of onze ethische principes moeten worden bepaald door de lijdende of door de gezonde mens.

De discussie rond biotechniek en genetica en de principiële grenzen daarvan is volop in beweging. Zij is extra moeilijk omdat de privacy en zelfs het wezen van de mens zelf in het geding zijn. Bovendien gaan de ontwikkelingen zo snel en is de materie dermate complex dat er een enorme kloof is tussen de wetenschappelijke kennis en de kennis bij de mensen die over mogelijke consequenties moeten of willen oordelen.

De biotechniek en de genetica zullen onmiskenbaar grote betekenis krijgen. Enkele voorbeelden van die invloed zijn:

- vergroting van produktvolume ten opzichte van langs chemische weg verkregen produkten, in het bijzonder fijnchemicaliën;
- diagnostische methoden;
- identificatiemogelijkheden, onder andere bij misdrijven;
- veredelingsmethoden in de landbouw;
- bevordering van milieuvriendelijke productieprocessen;
- vermijding van milieubedreigende produkten;
- bereiding van eiwitten om bepaalde erfelijke ziekten te behandelen (stollings- en antistollingsfactoren, insuline, groeihormoon, anti-tumoreiwitten), soms als vervanging van medicijnen op chemische basis;
- bereiding van vaccins (entstoffen) tegen infectieziekten, waaronder AIDS en herpes.



6. Epiloog

Techniek is een karakteristiek deel van de mens. Daarmee onderscheidt hij zich van de hogere dieren. De mens gebruikt techniek om zich te beschermen tegen de natuur, zich te weren tegen wat hem bedreigt, zijn werk te verlichten en het leven te veraangenamen.

De mens is altijd bezig technische hulpmiddelen te ontwikkelen. Dat doet hij langs en over de grenzen die hem door de stand van wetenschap en techniek worden opgelegd.

De in een samenleving heersende culturele waarden bepalen in hoeverre het is toegelaten nieuwsgierig te zijn, vragen te stellen of af te wijken van gangbare opvattingen. Van die waarden hangt dus af of bepaalde technische ontwikkelingen worden toegelaten of juist worden tegengehouden.

Omgekeerd hebben alle activiteiten die mensen ontplooiën invloed op hun gedrag en daarmee op de cultuur. Voor techniek geldt dat misschien nog meer dan voor andere activiteiten. Techniek is diep in ons wezen en in ons hele maatschappelijk bestel geworteld.

In de techniek zelf is langzamerhand een concept van rationaliteit ontstaan. Dat was vooral nodig om van de ambachtelijke techniek te komen naar de huidige industriële techniek. Dit ging echter gepaard met een toenemende idee van waardevrijheid: techniek dient geen moreel ideaal. Daarom verdraagt techniek geen moreel oordeel en laat zij zich door ethische overwegingen niet tegenhouden. Techniek schept daarmee haar eigen moraal: techniek is legitiem en wat in de naam van techniek wordt gedaan, is goed.

Bij veel technische ontwikkelingen is dat helemaal niet erg. Daar overheerst de positieve betekenis van techniek als hulpmiddel tegen armoede, ziekte en ongemak in de wereld. Maar er zijn ook technische ontwikkelingen die onzekerheid en ongerustheid in de maatschappij veroorzaken.

Voor een stabiele, democratische samenleving waarin ruimte is voor een veelheid van levens- en wereldbeschouwingen, is een minimale ethische consensus nodig. Wij moeten het eens worden over een aantal morele basisbeginselen, waaraan ons handelen – ook ons technisch handelen – moet voldoen. Door die in acht te nemen, voorkomt men technische a-moraliteit en utilisme. Techniek en ethiek zullen weer geïntegreerd moeten worden. Ethische technici zullen dan hun kennis ten dienste stellen van huidige en toekomstige generaties.

Hier zij meteen opgemerkt dat dit gemakkelijker is gezegd dan gedaan. In de eerste plaats is het geenszins duidelijk waarover en hoe consensus kan wor-

den bereikt. Dat geldt al voor een land als Nederland en dus nog sterker voor de wereld.

In de tweede plaats zal consensus over een aantal ethische beginselen niet overal dezelfde uitwerking hebben. Technische handelingen die in welvarende streken om hun schadelijkheid worden vervangen door duurdere geavanceerde technieken kunnen in arme gebieden broodnodig zijn. Regeringen noch wereldorganisaties zijn blijkbaar bij machte die verschillen op te heffen.

Techniek is onvoorspelbaar

De technische onderzoeker heeft altijd te maken met een frontlijn. Dat is tot waar de techniek is gekomen. De grenzen van de techniek worden dus door het moment bepaald.

De technicus probeert met zijn onderzoek verder te komen. Soms kan het front van de techniek worden verlegd door op de ingeslagen weg verder te gaan. Die voortgang zal op den duur steeds meer inspanning en geld kosten, tot het duidelijk wordt dat die weg doodloopt.

Er moet dan een geheel andere technische weg worden gezocht om het beoogde functionele doel te benaderen. Voorspellen welke weg dat zal zijn, is vrijwel onmogelijk.

De technische onderzoeker is dus niet in staat vooraf iets zinnigs te zeggen over de toekomstige richting van een techniek.

Bovendien is het onmogelijk te voren alle gevolgen en effecten van een nieuwe techniek te overzien. Dit geldt te meer wanneer, zoals vaak het geval is, een nieuwe techniek zich verbreidt in gebieden waarvoor zij in eerste instantie niet is ontwikkeld.

Ongerustheid bij het publiek

Velen in onze samenleving hebben met techniek geen enkel probleem, afgezien van de gebruikersonvriendelijkheid die een aantal technische producten duidelijk vertoont. Er zijn echter ook velen die bij bepaalde technische ontwikkelingen (de niet-vreedzaam bedoelde technieken daargelaten) en bij neveneffecten van techniek in het algemeen een gevoel van ongerustheid hebben.

Wanneer het gaat om bepaalde technische ontwikkelingen, dan zijn dat vooral de technieken die een bedreiging, althans een beïnvloeding van het leven kunnen betekenen. Als voorbeelden kunnen dienen de vreedzame toepassing van kernenergie en de toepassing van biotechniek. Kerncentrales veroorzaken angst om de mogelijkheid van een grote ramp. Biotechniek is schrikbaar omdat daarmee de levende natuur geweld kan worden aangedaan en men daarvan niet alle gevolgen kan overzien.

Wanneer het gaat om neveneffecten van productie en gebruik van techniek in het algemeen, dan zijn er de bezorgdheid om de geest in onze samenleving en de ongerustheid over de aantasting van het ecosysteem op aarde.

Het gebruiken van steeds meer techniek kan leiden tot geestelijke vervlakking en tot vervreemding van de mensen onderling. De hebzucht van de mens wordt gestimuleerd.

De aantasting van het natuurlijke milieu op onze aarde komt op veel manieren tot uitdrukking. Het afsterven van bossen, de vervuiling van de wereldzeeën, het uitsterven van planten en dieren, de stijgende zeespiegel: het zijn slechts enkele

voorbeelden van nadelige gevolgen van technische handelingen.

Sturing

De vraag of technische ontwikkelingen zijn te sturen, is niet eenvoudig te beantwoorden. Techniek is niet een geïsoleerd, op zichzelf staand iets, waaraan naar behoefte en naar wens iets kan worden gedaan. Techniek is onlosmakelijk verweven met ons eigen en ons maatschappelijk bestaan.

Techniek die aan de grens van de huidige mogelijkheden verkeert, kan slechts ten dele worden gestuurd. Het vinden van een nieuwe weg die over de grens heenvoert, is een avontuur waarvan de uitkomst te voren niet bekend is. Maar er zijn nog andere aspecten aan technische ontwikkeling.

Techniek staat ten dienste van belangen op de markt. De belangenbehartiging van de individuele consument is gebaseerd op koopplezier en sociaal aanzien, maar ook op wegwerpmentaliteit, verslaving en compensatiegedrag. De behartiging van industriële belangen is gericht op de opbrengst van geïnvesteerd vermogen. De nadelige gevolgen van techniek op natuur en milieu worden op deze particuliere markten niet gecompenseerd en brengen dus hoge externe kosten met zich mee. Wij zijn ons daar wel van bewust, maar niet bij machte daaraan iets te doen. Dat komt door ons economisch systeem, door gebrek aan ethische normen en doordat onze politici op de kiezersgunst uit zijn en te zwak staan tegenover de bundeling van economische belangen.

De rol van de overheid

De overheid kan met haar beleid voor energie, milieu, verkeer en stadsvernieuwing de externe kosten van techniek terugdringen en onze natuurlijke hulpbronnen zo doelmatig mogelijk laten gebruiken.

Voor zover de overheid een voortrekkersrol wil vervullen, moet zij dat niet alleen maar doen door regelgeving, maar ook door zich als voorbeeld te stellen en door het scheppen van goede voorwaarden.

De gedachte dat de overheid door het stimuleren van bepaald technisch onderzoek of van bepaalde toepassingen de samenleving in een door haar gewenste richting kan sturen, blijkt in de praktijk niet te worden verwezenlijkt. Het stimuleren op zich kan een goede zaak zijn, maar niet door voor te schrijven welke techniek of welk onderzoek moet worden bevorderd.

De overheid dient de zelfregulerende processen te volgen en op het juiste moment datgene te regelen wat nodig is. Dit kan niet in één keer. Wetgeving die niet wordt gedragen door een meerderheid in de samenleving maakt geen kans. Enig schokeffect kan geen kwaad, maar in het algemeen dient regelgeving hand in hand te gaan met toeneming van de maatschappelijke verantwoordelijkheid van industrie en consument.

Dit proces van bewustwording en actie is overigens al geruime tijd aan de gang. Het gunstige resultaat daarvan is echter nog maar zeer gering. Het weinige dat er is wordt overschaduwed door de omvangrijke milieuvervuiling uit ons recente industriële verleden, toen het besef van schaarste van natuur en milieu nog niet was doorgedrongen.

Voorlichting

Voorlichting over technische ontwikkelingen is belangrijk. Slechts weinigen begrijpen precies wat er gaande is. Er is een grote kloof tussen de wetenschappelijke kennis bij de technische onderzoekers en de kennis bij degenen die niet in de techniek thuis zijn. Het proces van aanvaarding of verwerping van technische ontwikkelingen wordt door deze kenniskloof ten zeerste bemoeilijkt. Het 'onbekend maakt onbemind' kan doorslaan naar een *ongemotiveerde angst*. Deze ongemotiveerde angst is dikwijls het resultaat van verkeerde voorlichting en van manipulatie door technici en journalisten die soms met opzet, maar dikwijls ook op hun beurt tengevolge van een gebrek aan goede informatie mensen op het verkeerde been zetten. De enige remedie tegen deze vorm van angst is steeds weer met geduld en begrip misverstanden uit de weg ruimen en onjuiste informatie door juiste vervangen.

Naast deze ongemotiveerde angst is er echter ook de *gemotiveerde angst*. Die treedt op als de technici onderling geen overeenstemming hebben over de gevolgen van nieuwe technieken. Zolang die overeenstemming er niet is, is er alle aanleiding uiterst terughoudend te blijven. Ook hier ligt een belangrijke taak voor de integere wetenschapsjournalist.

De rol van de technicus

Technici moeten niet de pretentie hebben over een beter maatschappelijk oordeel over techniek te beschikken dan anderen. De criteria waarmee techniek kan worden beoordeeld, zijn namelijk soms strijdig, maar toch vaak even reëel. Technici moeten leren zich dit te realiseren.

De grote ingenieursverenigingen in Nederland, het KIVI en het NIRIA, alsmede de KNCV hebben hierin een taak. Ingenieurs hebben in hun werk van innovatie, vormgeving en toepassing van techniek een gedeeltelijke verantwoordelijkheid voor de sociale en ecologische gevolgen. Gedeeltelijk, omdat er te veel onvoorziene gevolgen zijn om de ingenieur volledig aansprakelijk te doen zijn. Desondanks zullen ingenieurs zich – meer dan tot nu toe – bewust moeten worden van hun persoonlijke verantwoordelijkheid. Zij zullen zich vaker moeten afvragen of datgene waarmee zij bezig zijn voldoende ethisch verantwoord is en meer moeten nadenken over de mogelijke gevolgen van hun werk.

Het geven van voorlichting over nieuwe technische ontwikkelingen en hun gevolgen in de maatschappij is de taak van de in 1968 door het KIVI opgerichte Stichting Toekomstbeeld der Techniek. Met dit 49e deel uit de reeks Toekomstbeeld der Techniek heeft STT enige afstand willen nemen van haar gebruikelijke toekomstverkenningen en nu eens enkele vragen van algemene en fundamentele aard aan de orde willen stellen. De vragen naar grenzen aan techniek zijn niet pasklaar en eenduidig te beantwoorden. Zij bieden wellicht stof tot bezinning.



Organisatie van het project

Stuurgroep

Voor het opzetten en nader uitwerken van het project 'Grenzen aan techniek' is een stuurgroep samengesteld, bestaande uit:

prof.dr. H. Baudet

em. Rijksuniversiteit Groningen/ em. Technische Universiteit Delft

prof.dr.s. V. Halberstadt

Rijksuniversiteit Leiden

ir. B. van Nederveen

Hoechst Holland, Amsterdam

prof.dr.ir. E. Schuurman

Technische Universiteit Delft/ Technische Universiteit Eindhoven/ Landbouw-
universiteit Wageningen/ Eerste Kamer, Den Haag

prof.dr. J.J.A. Vollebergh

GITP, Nijmegen/ Katholieke Universiteit Nijmegen

prof.dr.ir. G. Vossers

Technische Universiteit Eindhoven

Sprekers

Op het STT-jubileumcongres 'Grenzen aan techniek' hielden de volgende sprekers een inleiding:

dr. B. Hawrylyshyn

International Management Institute, Genève

prof.dr. H. Krupp

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe

prof.dr.ir. K. Teer

Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven

dr. P. Winsemius

McKinsey & Company, Amsterdam

Auteurs

Enkele deskundigen schreven een bijdrage aan deze publikatie. Het zijn:

dr. L. Ch. Fretz

Technische Universiteit Delft

dr.ir. A.E. Pannenburg

Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven

Vraaggesprekken

In het kader van dit project werden vraaggesprekken gevoerd met deskundigen op uiteenlopende gebieden waarin techniek een belangrijke rol speelt. Het waren:

prof.dr. J.C. Ambak

Technische Universiteit Delft

prof.dr. J.A. Goedkoop

oud Stichting Energie-onderzoek Centrum Nederland, Petten

prof.dr. P.C. van der Kruit

Rijksuniversiteit Groningen

prof.ir. G.C. Meeuse

em. Technische Universiteit Delft

prof.dr.ir. G. Nielen

Katholieke Universiteit Brabant, Tilburg

prof.dr. M.F. Niermeijer

Erasmus Universiteit Rotterdam

ir. H.J. Raterink

oud Technisch Fysische Dienst TNO-TH

prof.dr. R.A. Schilperoort

Rijksuniversiteit Leiden

prof.dr. C.J.E. Schuurmans

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt/Rijksuniversiteit

Utrecht

prof.dr.ir. H. Tennekes

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt/ Vrije Universiteit

Amsterdam

Gespreksgroep

Aan een bespreking over sturing van techniek namen de volgende personen deel:

dr.ir. A.P. Oele

oud Provincie Drenthe, Assen (voorzitter)

prof.dr.ir. W.J. Beek

Technische Universiteit Delft

drs. M. Epema-Brugman

Algemene Energieraad, Den Haag

ir. B. van Nederveen

Hoechst Holland, Amsterdam

drs. H. Tent

Europese Gemeenschap, Brussel

prof.ir. B.P.Th. Veltman

Technische Universiteit Delft/ Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk

Onderzoek, Utrecht

dr. G. Zoutendijk

Delta Lloyd, Amsterdam



De Stichting Toekomstbeeld der Techniek is veel dank verschuldigd aan al deze deskundigen die belangeloos een aanzienlijke hoeveelheid tijd en energie aan dit project hebben gewijd.

Projectleiding

Het project stond onder leiding van ir. A.J. van Griethuysen, projectleider bij de Stichting Toekomstbeeld der Techniek.

Anneke Kronenburg, projectsecretaresse bij STT, werkte mee aan de organisatie van het congres en het project en verwerkte de tekst.

Drs. Liesbeth Koenen, wetenschapsjournaliste, verleende de projectleider steun bij de redactie.



Literatuur

- [1] SERVAN-SCHREIBER, J.J., *Le défi Américain*, Denoël, Paris, 1967
- [2] PANNENBORG, A.E., *Techniek: motor in de vaart der volkeren* (inaugurale rede), Erasmus Universiteit, Rotterdam, 1987
- [3] PANNENBORG, A.E., *Technologie en de ontwikkeling van de Europese samenleving*, Stenfert Kroese, Leiden, 1988
- [4] ELLUL, J., *Le système technicien*, Calmann-Lévy, Paris, 1977
- [5] MACHIAVELLI, N., *De heerser*, Athenaeum-Polak & Van Gennepe, Amsterdam, 1977 (Florence, 1513)
- [6] MACINTYRE, A., *After virtue*, Duckworth, London, 1981
- [7] DIJKSTERHUIS, E.J., *De mechanisering van het wereldbeeld*, Meulenhoff, Amsterdam, 1977 (1950)
- [8] SCHELLEKENS, H., R.P.W. VISSER, *De genetische manipulatie*, Meulenhoff Informatief, Amsterdam, 1987
- [9] MOONEY, P.R., *Seeds of the earth: a private or public resource?*, Inter Paris, Ottawa, 1979
- [10] KANT, I., *De eeuwige vrede*, Kok Agora, Kampen, 1986 (1795)
- [11] WARNOCK, G.J., *The object of morality*, Methuen, London, 1971
- [12] FOSTER, R., *Innovatie: de aanval is de beste verdediging*, Veen, Utrecht, 1987
- [13] MORITA, A., e.a., *Made in Japan*, Fontana/Collins, London, 1987
- [14] TENNEKES, H., *Hoe voorspelbaar is het weer?*, in: *Intermediair*, jrg. 20, nr. 14, 6 april 1984, pp. 17-21
- [15] MIERAS, M., *Hier en daar een bui*, in: *VU-Magazine*, april 1988, pp. 12-14
- [16] OPSTEEGH, J.D., *Chaos in de atmosfeer*, in: *Natuur en Techniek* 56, 4, 1988, pp. 275-285

Aanbevolen literatuur

- BARNEY, G.O., *The global 2000 report to the president, Vol. 1: entering the twenty-first century*, U.S. Government Printing Office, Washington, 1981
- BORGMANN, A., *Technology and the character of contemporary life*, University of Chicago Press, Chicago, 1984
- BUZZATI-TRAVERSO, A., *The scientific enterprise, today and tomorrow*, Unesco, Paris, 1977
- CANTORE, E., *Scientific man: the humanistic significance of science*, ISH Publications, New York, 1977
- ELLUL, J., *The technological society*, Vintage Books, New York, 1964

- FREEMAN, Chr., M. JAHODA, *World futures: the great debate*, M. Robertson, London, 1978
- HAWRYLYSHYN, B., *Road maps to the future (towards more effective societies): a report to the Club of Rome*, Pergamon Press, Oxford, 1980
- HUGHES, T.P., *Networks of power: electrification in western society, 1880 - 1930*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1983
- ILLICH, I.D., *Celebration of awareness: a call for institutional revolution*, Doubleday, Garden City, 1970
- ILLICH, I.D., *Energy and equity*, Baylis, Worcester, London, 1974
- JONAS, H., *Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*, Insel Verlag, Frankfurt, ca. 1979
- KETTERINGHAM, J.M., P. RANGANATH, *Breakthroughs: commerciële successen*, Bruna, Utrecht, 1987
- KUHN, T.S., *The structure of scientific revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago, 1970
- MEADOWS, D.H., e.a., *The limits to growth: Report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*, Universe Books, New York, 1972
- MIEGEL, M. (Herausg.), *Technik 2000 - Chance oder Trauma?*, Verlag Bonn Aktuell GmbH, Stuttgart, 1981
- MOSCOVICI, S., *Versuch über die menschliche Geschichte der Natur*, Suhrkamp, Frankfurt, 1982
- PASSMORE, J., *Man's responsibility for nature: ecological problems and western traditions*, Duckworth, London, 1974
- POPPER, K.R., *The logic of scientific discovery*, Hutchinson, London, 1959
- POT, J.H.J. VAN DER, *Die Bewertung des technischen Fortschritts: eine systematische Übersicht der Theorien*, Van Gorcum, Assen, 1985
- RAPP, F., *Analytische Technikphilosophie*, Alber, Freiburg, 1978
- RESCHER, N., *The limits of science*, University of California Press, Berkeley, 1984
- SCHUURMAN, E., *Tussen technische overmacht en menselijke onmacht: verantwoordelijkheid in een technische maatschappij*, Kok, Kampen, 1985
- THISSEN, W.A.H., *Investigations into the Club of Rome's world 3 model; lessons for understanding complicated models*, Dissertatie TU Eindhoven, Meppel, (Krips Repro), 1978
- WAGENVOORT, H., e.a., *Freedom and restriction in science and its aspects in society*, Congress 17 and 18 September 1954, Martinus Nijhoff, The Hague, 1955
- WINNER, L., *The whale and the reactor: a search for limits in an age of high technology*, University of Chicago Press, Chicago, 1986



STT-Publikaties

1. Toekomstbeeld der Techniek
ir. J. Smit, 1968
2. Techniek en Toekomstbeeld; Telecommunicatie in telescopisch beeld
prof.dr.ir. R.M.M. Oberman, 1968
3. Verkeersmiddelen
prof.ir. J.L.A. Cuperus, prof.ir. J.H. Krietemeijer, ir. G. Veldhuyzen, ir. F. Oudendal, prof.ir. G.J. van der Burgt en prof.ir. H. Wittenberg, 1968
4. Hoe komt een beleidsvisie tot stand?
ir. P.H. Bosboom, 1969
5. De overgangsprocedures in het verkeer
prof.ir. J.L.A. Cuperus, prof.dr. L.H. Klaassen, mr. R.J.H. Fortuyn, mr. M.G. de Bruin, A. Blankert, mr. Th. van der Meer, drs. J.A. van de Kamp, prof.dr. E.H. van de Poll, ir. G.C. Meeuse, A.M. Lels, mr. M. van den Bos en E. van Donkelaar, 1969
6. De invloed van goedkope elektrische energie op de technische ontwikkeling in Nederland
dr. P.J. van Duin, 1971
7. Electrical energy needs and environmental problems, now and in the future
ir. J.H. Bakker, prof.dr. J.J. Went, dr. K.J. Keller, ir. A.J. Elshout, H. van Duuren, ir. J.L. Koolen, P.E. Joosting, dr. J.C. ten Houten, J.A.G. Davids, prof.dr. J.A. Goedkoop en ir. M. Muysken, 1971
8. Mens en milieu: prioriteiten en keuze
ir. L. Schepers, dr.ir. W.J. Beek, prof.dr. D.J. Kuenen, prof. H. van Gendren, dr.ir. L.J. Revallier en dr.ir. H. Hoog, 1971
9. Het voeden van Nederland nu en in de toekomst
prof.dr.ir. M.J.L. Dols, drs. J. de Veer, dr. C. Engel, prof.dr. J. Boldingh, prof.dr. H. Doorenbos, drs. W.C. Bus, ir. H. Glazenburg en prof.dr. A.G.M. van Melsen, 1971
10. Barge Carriers: some technical, economic and legal aspects
drs. W. Cordia, mr. G.J.W. de Vries en ir. N. Wijnolst, 1972
11. Transmissiesystemen voor elektrische energie in Nederland
prof.dr. J.J. Went, ir. A. Govers, drs. M.C. Lelie en prof.ir. H. Wiggerts, 1972
12. Elektriciteit in onze toekomstige energievoorziening: mogelijkheden en consequenties
dr.ir. H. Hoog, ir. P.J. Wemelsfelder, prof.ir. D.G.H. Latzko, dr. D.J. Kroon en prof.ir. J.J. Broeze, 1972

13. Communicatiestad 1985: elektronische communicatie met huis en bedrijf
prof.dr.ir. J.L. Bordewijk, ir. D. van den Berg en dr. W. Horn, 1973
14. Techniek en preventief gezondheidsonderzoek
dr. M.J. Hartgerink, prof.dr. H.H.W. Hogerzeil, prof.dr.ir. P. Eykhoff,
prof.dr. J.C.M. Hattinga Verschure, prof.dr. H.J.J. Leenen, dr. P. Gootjes,
prof.dr. A.H. Wiebenga en ir. D.H. Bekkering, 1973
15. Technologisch verkennen: methoden en mogelijkheden
ir. A. van der Lee, drs. Th.M.A. Bemelmans en dr.ir. W.J. Beek, 1973
16. Mens en milieu: beheerste groei
Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973
17. Mens en milieu: zorg voor zuivere lucht
Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973
18. Mens en milieu: kringlopen van materie
Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973
19. Energy Conservation: ways and means
Edited by J.A. Over and A.C. Sjoerdsma, 1974
20. Voedsel voor allen, plaats en rol van de EEG
prof.dr. J. Tinbergen, prof.dr.ir. J. de Hoogh, dr. J.R. Jensma, prof.drs. J. de
Veer, ir. I.B. Warmenhoven, dr.ir. A.W.G. Koppejan, ir. K.K. Vervelde en
dr.ir. W.J. Beek, 1976
21. Stedelijk verkeer en vervoer langs nieuwe banen?
Redactie: ir. J. Overeem, 1976
22. Materialen voor onze samenleving
Redactie: ir. J.A. Over, 1976
23. De industrie in Nederland: Verkenning van knelpunten en mogelijkheden
Redactie: ir. H.K. Boswijk en ir. R.G.F. de Groot, 1978
24. Toekomstbeeld der industrie
prof.dr. P. de Wolff, drs. R.F.M. Lubbers, dr.ir. H. Kramers, prof.ir. J. in 't
Veld en mr. G.A. Wagner, 1978
25. Arts en gegevensverwerking
Redactie: ir. R.G.F. de Groot, 1979
26. Bos en hout voor onze toekomst
Redactie: ir. T.K. de Haas, ir. J.H.F. van Apeldoorn en ir. A.C. Sjoerdsma, 1979
27. Steenkool voor onze toekomst
Eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma, 1980
28. Distributie van Consumentengoederen; informatie en communicatie in
perspectief
Redactie: ir. R.G.F. de Groot, 1980 (ISBN 90 6275 052 4)
29. Wonen en Techniek; ervaringen van gisteren, ideeën voor morgen
Redactie: ir. J. Overeem en dr. G.H. Jansen, 1981 (ISBN 90 6275 053 2)
30. Biotechnology; a Dutch Perspective
Edited by J.H.F. van Apeldoorn, 1981 (ISBN 90 6275 051 6)
31. Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting
Samensteller: ir. H.K. Boswijk, 1981 (ISBN 90 6275 064 8)
Deelstudies:
31-1 Micro-elektronica: de rundveehouderij (ISBN 90 6275 066 4)
31-2 Micro-elektronica: de grafische industrie en uitgeverijen
(ISBN 90 6275 067 2)

- 31-3 Micro-elektronica: procesinnovatie in de sector elektrometaal
(ISBN 90 6275 068 0)
- 31-4 Micro-elektronica: productinnovatie van consumentenproducten en
diensten voor gebruik in huis (ISBN 90 6275 069 9)
- 31-5 Micro-elektronica: het ontwerpproces (ISBN 90 6275 070 2)
- 31-6 Micro-elektronica: het bankwezen (ISBN 90 6275 071 0)
- 31-7 Micro-elektronica: het kantoor
- 31-8 Micro-elektronica: het reiswezen (ISBN 90 6275 073 7)
- 31-9 Micro-elektronica: de belastingdienst
32. Micro-elektronica voor onze toekomst; een kritische beschouwing
Samenstellers: burggraaf E. Davignon, prof.dr. P. de Wolff, R.J.M. Paijens,
dr.ir. K. Teer, drs. P. Vos, prof.dr. J.J.A. Vollebergh, dr. G. Zoutendijk en
dr.ir. A.A.Th.M. van Trier, 1982 (ISBN 90 6275 089 3)
33. Toekomstige verwarming van woningen en gebouwen
Eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma, 1982 (ISBN 90 6275 094 X)
34. Flexibele automatisering in Nederland; ervaringen en opinies
Redactie: ir. G. Laurentius, ir. H. Timmerman en ir. A.A.M. Vermeulen, 1982
35. Automatisering in de fabriek; vertrekpunten voor beleid
Redactie: ir. H. Timmerman, 1983 (ISBN 90 6275 112 1)
36. Informatietechniek in het kantoor; ervaringen in zeven organisaties
Samensteller: drs. F.J.G. Fransen, 1983 (ISBN 90 6275 135 0)
37. Nederland en de rijkdommen van de zee: industrieel perspectief en het
nieuwe zeerecht
Redactie: ir. J.F.P. Schönfeld en mr.drs. Ph.J. de Koning Gans, 1983
(ISBN 90 6275 111 3)
38. Man and Information Technology: towards friendlier systems
Edited by J.H.F. van Apeldoorn, 1983 (ISBN 90 6275 136 9)
39. De kwetsbaarheid van de stad; verstoringen in water, gas, elektriciteit en
telefonie
Samensteller: ir. G. Laurentius, 1984 (ISBN 90 6275 145 8)
40. Bedrijf, kennis en innovatie
Redactie: ir. H. Timmerman, 1985 (ISBN 90 14 03820 8)
41. De toekomst van onze voedingsmiddelenindustrie
Redactie: drs. J.C.M. Schogt en prof.dr.ir. W.J. Beek, 1985
(ISBN 90 14 03821 6)
42. Techniek voor ouderen
Redactie: ir. M.H. Blom-Fuhri Snethlage, 1986 (ISBN 90 14 03822 4)
43. Nieuwe toepassingen van materialen
Redactie: ir. A.J. van Griethuysen, 1986 (ISBN 90 14 03738 4)
44. Onderhoudsbewust ontwerpen nu en in de toekomst
Redactie: ir. G. Laurentius, 1987 (ISBN 90 14 03716 3)
45. Kennissystemen in het onderwijs
Redactie: ir. J.J.S.C. de Witte en drs. A.Y.L. Kwee, 1987
(ISBN 90 14 03717 1)
46. Kennissystemen en medische besluitvorming
ir. J.J.S.C. de Witte en drs. A.Y.L. Kwee, 1987
(ISBN 90 14 03718 X)

-
47. Kennissystemen in de dienstensector
Redactie: drs. A.Y.L. Kwee en ir. J.J.S.C. de Witte, 1987
(ISBN 90 14 03719 8)
 48. Kennissystemen in de industrie
ir. J.J.S.C. de Witte en drs. A.Y.L. Kwee, 1988
(ISBN 90 14 03758 9)

Overige uitgaven:

De innovatienota; een aanvulling;
H.K. Boswijk, J.G. Wissema en W.C.L. Zegveld, 1980

Het belang van STT (toespraak bij het 15-jarig bestaan van STT)
door prof.ir. Th. Quené, 1983

New Applications of Materials;
edited by A.J. van Griethuysen, 1988 (ISBN 0 9513623 0 5)

Alle publikaties waarbij het ISBN is vermeld, zijn verkrijgbaar via de boekhandel.
De overige publikaties zijn te bestellen bij STT, Postbus 30424, 2500 GK
's-Gravenhage, telefoon 070-3919856, gironummer 1609900.





Zijn er grenzen aan techniek? Welke zijn dat dan en hoe gaan wij daarmee om? Zo neen, wat betekent dat voor onze samenleving? Dit zijn enkele van de vragen waarop in deze studie wordt ingegaan. Veel meer dan wij ons realiseren, zit onze omgeving vol met techniek. Wij zijn altijd bezig technische hulpmiddelen te ontwikkelen. Techniek is voor de toekomst van de mensheid onmisbaar.

Slechts weinigen begrijpen precies wat er gaande is. Er is een grote kloof tussen de wetenschappelijke kennis bij de technische onderzoekers en de kennis bij hen die niet in de techniek thuis zijn. Aanvaarding of verwerping van technische ontwikkelingen wordt door deze kenniskloof ten zeerste bemoeilijkt.

De studie *Grenzen aan techniek* behandelt achtereenvolgens de historische en de ethische aspecten van technische ontwikkelingen. Daarna komt de visie van de technische onderzoeker aan de orde en wordt aandacht besteed aan de culturele en de institutionele invloeden op techniek alsmede de organisatorische en de milieu-aspecten van technische ontwikkelingen.

De interne en externe factoren die de grenzen aan techniek bepalen, worden beschreven in zulke uiteenlopende technisch-wetenschappelijke terreinen als astronomie, meteorologie, informatica en communicatietechniek, kernenergie, biotechniek en genetica. In de epiloog wordt ingegaan op voorspelbaarheid en sturing van techniek, de ongerustheid bij het publiek en de behoefte aan voorlichting en tot slot de rol van de overheid en de technicus bij het proces van technische ontwikkelingen en het bepalen van de grenzen daarvan.

De behandelde vragen naar grenzen aan techniek blijken niet pasklaar en eenvoudig te beantwoorden. Deze studie bevat wel veel stof tot bezinning.