

# Het Belang van Fundamenteel Onderzoek

in

## Wiskunde en Informatica

Mr.ir. F.C. Rauwenhoff

*Voorzitter hoofddirectie Nederlandse Philips Bedrijven BV*

Dames en Heren,

Ik stel het op hoge prijs bij deze gelegenheid een aantal minuten het woord te mogen voeren. U weet dat wiskunde en informatica in deze tijd ook voor industriële ondernemingen belangrijk zijn. Zonder toepassing van ver ontwikkelde mathematische kennis had het brandstofverbruik van vliegtuigen in de laatste decennia niet gehalveerd kunnen worden en zouden zij aanzienlijk meer decibels produceren dan zij thans doen. En zonder geavanceerde informatica-inzichten, gevoed door wiskundige kennis, had Philips geen Compact Disc kunnen uitvinden, waren er geen digitale telefooncentrales en niet zulke verbazingwekkende scanners voor medische diagnostiek.

U kunt het ook zó vertalen, dat een *onvoldoende* investeren in verdere verdieping van mathematische en informatietechnologische kennis, grote ondernemersrisico's vertegenwoordigt. Risico's die zelfs tot het teloor gaan van hele industrietakken kunnen leiden. Dramatische voorbeelden van zulke risico's zoudt u bijvoorbeeld kunnen vinden in de opportunistische sfeer van sommige ondernemingen in de Verenigde Staten.

Ik kan mij met enige waarschijnlijkheidsberekening voorstellen, dat u deze laatste 'jump to conclusions' niet zo maar wil laten landen in het domein van uw inzichten voor dagelijks gebruik. Inzicht moet immers onderbouwd worden. Staat u mij daarvoor een aanloop toe vanuit een historisch vertrekpunt.

In de ontwikkeling van de industrie is een voortdurend samenspel te zien tussen de ontwikkeling van fundamenteel wetenschappelijke kennis en de exploitatie daarvan in industriële bedrijvigheid. In het verre verleden waren zowel wetenschapsbeoefening als materiële produktie in de meeste gevallen een zaak van onafhankelijke individuen of kleine gezelschappen. In de 18de eeuw

onstonden vanuit de ambachtelijke wereld voorlopers van de industrie. Dat werd mogelijk gemaakt door mechanische krachtbronnen zoals de stoommachine voor de aandrijving van werktuigen.

Geleidelijk is daarbij meer gebruik gemaakt van het zich eveneens ontwikkelende inzicht in mechanische, natuurkundige en scheikundige verschijnselen. Tegen het einde van de 19de eeuw begon preciese kennis van kwalitatieve en kwantitatieve wetmatigheden een grotere rol te spelen. In het begin van de 20ste eeuw verschijnen industriële onderzoekslaboratoria, die fundamentele kennis en inzichten op hun industriële toepasbaarheid exploreren en exploiteren. Daarbij is niet zelden sprake van wisselwerking, zodat ook vanuit de bedrijfspraktijk kennis wordt verdiept en verbreed.

Dat samenspel is van essentiële betekenis en ik wil het een kenmerk van succesvolle moderne ondernemingen noemen. Wetenschap komt meestal pas in praktische toepassing tot volle ontplooiing. Leemten in bestaande kennis die bij feitelijk gebruik aan het licht komen, kunnen veelal ook het beste in de bedrijfspraktijk worden opgevuld.

Ik zou het Natuurkundig Laboratorium van Philips willen aanhalen als een goed, en historisch gezien een vroeg, voorbeeld. In dit Laboratorium wordt de op fundamentele aspecten gerichte research verricht waar een moderne industrie zoals Philips niet alleen de natuurwetenschappelijke basis van zijn ondernemen in vindt, maar ook zijn wetenschappelijk geweten. Om als zodanig te kunnen functioneren moet het Laboratorium het zicht op de gebeurtenissen in de wetenschappelijke wereld open houden en dat openleggen voor de industrie. Dat is alleen mogelijk door letterlijk en figuurlijk in gesprek te blijven met de academische wereld en daartoe dus ook zelf als gesprekspartner de moeite waard te zijn. De eigen wetenschappelijke prestaties en het zelf van binnenuit kennen en begrijpen van de academische wereld, vormen daarvoor noodzakelijke condities. Aan de andere kant: het Laboratorium zal ook goede relaties moeten onderhouden met de industriële wereld. Ook daar moet het Laboratorium adequate bijdragen leveren en die wereld van binnenuit goed kennen.

De symbiose van de twee taken leidt tot hogere kwaliteit op beide fronten. Industrieel onderzoek kan nog wel eens essentiële probleemstellingen op academisch niveau 'ontdekken'. Praktische vragen hebben vaak een diepe ondergrond. Veel fundamenteel verdiepte kennis is pas verworven nadat zich een praktische problematiek voordeed. Die kan zelden naar boven komen in universitair onderzoek, waar de primaire taak ligt in het onderzoek als zodanig en in het onderwijs.

Kennis, inzicht en probleemstellingen dus als een soort ruilhandel tussen de academische en de industriële wereld. Wie werkzaam is in industriële research, doet dat vanuit een bepaalde attitude, een bepaalde industrieel-culturele houding. Ik zou die willen vergelijken met het ademen van een levend organisme. Die cultuur rond research is voor een moderne industrie een essentiële voorwaarde, maar ontstaat niet vanzelf zodra een aantal wetenschappers in een

laboratorium gaat zitten. Er is een probleem van kritische massa. Industriële research moet voldoende breedte hebben om zich in de diepte te kunnen ontplooiën. Specialisme is daarbij een noodzakelijk ingrediënt, maar bij toepassing kan specialisme slechts gedijen in contact met andere specialismen. Bij research wordt specialisme gepaard aan creativiteit. Creativiteit in de zin van ongebruikelijke associatie of combinatie van inzichten die conventioneel niet gecombineerd worden. Juist daar is kruisbestuiving van verschillende specialismen belangrijk. Niet alleen uit de industriële wereld, maar ook van daarbuiten. Deze noodzakelijke, gevarieerde samenstelling te zamen bepaalt, wat ik heb aangeduid als kritische massa.

Grote industrieën kunnen in dit opzicht in eigen behoefte voorzien. Kleine niet. Voor kleine industrieën is het bereiken van die kritische massa pas mogelijk indien zij tot samenwerking komen - wat uitermate moeilijk is - of indien onafhankelijke wetenschappelijke instituten dit mogelijk maken voor een aantal industrieën die hun activiteiten baseren op globaal eenzelfde kennisgebied.

Wat voor de industrie geldt, geldt ook voor andere technisch-georiënteerde activiteiten. Waterstaat en Landbouw zijn goede voorbeelden. Ook daar kunnen wetenschappelijke instituten - eerder dan universiteiten, zoals ik heb toegelicht - een wezenlijke rol vervullen. En dat gebeurt ook! Het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) is zo'n instituut.

In het begin heb ik voorbeelden genoemd van industriële activiteiten die zonder fundamentele kennis op mathematica- en informaticagebied niet tot hun huidige niveaus hadden kunnen komen. Dat geeft al aan hoe belangrijk fundamenteel onderzoek op het werkterrein van het CWI is voor de industriële wereld.

*Wiskunde* speelt een essentiële rol in de modelvorming, de precieze formulering en de kwantitatieve analyse van fysische, chemische, mechanische, elektrische en elektronische verschijnselen en van constructies die daarop berusten. Conventioneel gaat het daarbij vooral om de continue verschijnselen. De wiskunde is daartoe een hulpwetenschap. Met de komst van rekenmachines heeft die een enorme vlucht genomen en kunnen steeds grotere en ingewikkelder problemen behandeld worden. Zelfs worden steeds meer experimenten vervangen door berekeningen. Simulaties nemen de plaats in van proefondervindelijke ontdekkingen met kostbare en niet-flexibele apparatuur. Dat heeft tot gevolg dat veel onderzoek en ontwikkeling steeds abstracter wordt.

Gezien deze tendens zouden wij van de fysicus, de chemicus, de elektronicus en de werktuigbouwer meer wiskundige kennis en kunde, om het werk te ondersteunen, moeten verwachten. Maar helaas! Het eigen, primaire vakgebied van deze technische disciplines is inmiddels ook alsmear ingewikkelder en gedetailleerder geworden. In opleiding en onderwijs - en in de uitoefening van het vak - is minder tijd en gelegenheid dan vroeger voor uitdieping van wiskundige kennis en kunde. De technisch academicus van nu is dus relatief *minder* in wiskunde geschoold dan de voorgaande generatie, terwijl het eigenlijk

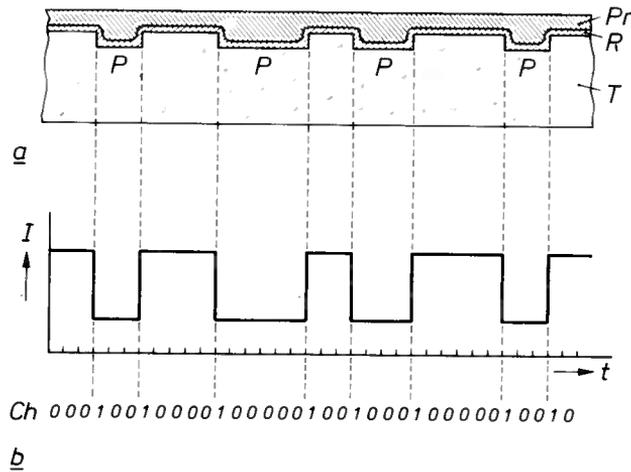
*meer* zou moeten zijn. De discrepantie wordt met name in Nederland nog versterkt door een toenemende druk om de studieduur en de studiebreedte te beperken. Er moet daarom een groter beroep worden gedaan op de gespecialiseerde wiskundige, die in het interdisciplinaire samenspel een partij met toenemende verantwoordelijkheid vormt.

Inmiddels zijn namelijk de technische en natuurwetenschappelijke vakgebieden ook zelf verdiept en verfijnd en, zoals ik zei, abstracter - meer wiskundig - geworden. In die mate, dat wiskunde van hulpdiscipline tot een wezenlijk dragende wetenschap is geworden die zelf, in pas met de groei van de behoefte, uitdijt. Dat wil zeggen: fundamenteeler en gedetailleerder - meer verdiept, maar ook breder. Meer hoofdstukken van de wiskunde gaan een rol spelen. Algebra, groepentheorie, structuren van eindige verzamelingen en abstracte ruimten, tot zelfs abstracte begrippen uit de topologie, gaan hun rol spelen in de industriële wereld. In de jaren '60 werden ingewikkelde wiskundige coderingen gebruikt om een radarreflectie van Venus mogelijk te maken. *Nu* wordt een minstens zo ingewikkelde codering gebruikt in de compact disc speler als industrieel massaproduct, om over stofjes en krassen heen de muziek foutloos in de huiskamer weer te geven. Daar komt wiskunde van hoog niveau aan te pas. Wiskunde is al lang niet meer het onderwerp van vrijblijvende academische wetenschapsbeoefening.

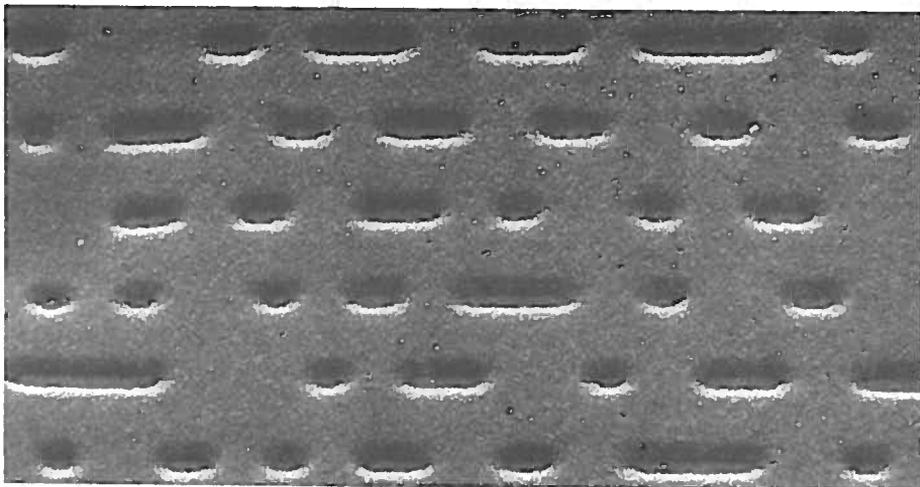
Vergeleken met een oud en gevestigd vak als wiskunde, is *informatica* zeer jong en dus nog erg onzeker over wat ze kan en niet kan. Zo bezien is te begrijpen dat informatica in deze tijd nogal eens neigt tot een zekere overmoedigheid. De rekenmachine heeft ook aan de wieg gestaan van de informatica. Eerst op het terrein van boekhouders en administrateurs, maar geleidelijk ook op andere en vaak veel ingewikkelder gebieden. De robot, automatische meet- en regelsystemen, telecommunicatiecentrales, medische apparatuur, link-trainers en natuurlijke taal-vertaalmachines zijn allemaal voorbeelden van rekenmachine-informatietechnieken, die ver uitgaan boven het conventionele boekhouden en rekenen.

Als u de huidige worstelingen in de informatica analyseert, ziet u dat verreweg de meeste problemen terug te voeren zijn naar de enorme toename van omvang en complexiteit. De informatica heeft die karakteristieken als het ware ontvangen uit het toepassingsgebied: de complexiteit van aantallen, van relaties, van ruimte en tijd in onze bedrijven, regeringsapparaten, dienstverlenende organisaties en technische systemen, waartoe informatica de middelen moet verschaffen om ze onder de knie te krijgen en beheersbaar te houden.

Informatica is vooral zichtbaar in de technologie, de data processing en de daaraan verbonden architectuur. Maar het is niet voldoende, technisch vaardig te zijn en grote systemen te kunnen bouwen om in voorkomende behoeften te voorzien. Het is evenzeer nodig dat deze technologie fundamenteel wetenschappelijk wordt onderbouwd en geordend. Er is dringend behoefte aan zuivering van de begripsvorming, aan uitbouw van algoritmisch denken en aan meer



- a) Doorsnede door een 'Compact Disc', gemaakt in de lengterichting van het spiraalvormige spoor. T transparant dragermateriaal, R reflecterende laag, Pr beschermende laag. P langwerpige putten die samen het spoor vormen (zie ook onderstaande foto).
- b) I de intensiteit van het door de optische pick-up uitgelezen signaal, uitgezet als functie van de tijd. Het digitale signaal dat uit het blokvormige verloop wordt afgeleid, is aangegeven als een reeks van kanaalbits Ch.



*De langwerpige putten*

FIGUUR 1. De Compact Disc (Bron: Philips Technisch Tijdschrift, Jaargang 40, 1981/82, no. 9)

inzicht in structuurvorming. Fundamenteel inzicht in de processen moet nog aanzienlijke bijdragen kunnen leveren tot verbetering van de effectiviteit en efficiëntie. Daar ligt de uitdaging voor het fundamentele onderzoek in de informatica.

Dames en heren, ik heb lang stil gestaan bij het belang van het uitdiepen, verbreden en onderhouden van *fundamentele* kennis, onder meer op mathematica en informatica-gebied. Die nadruk heb ik *niet* alleen zo gekozen omdat ik bij dit jubileum een welverdiend hart onder de riem van het CWI wil steken. Welverdiend, omdat wij met genoeg hebben gezien dat het CWI na een tijdelijke neiging tot, laat ik het noemen: 'academiseren' in de jaren zeventig, de laatste tijd toch weer heel goed en met vele praktische werkcontacten ook met de industrie aan de gang is.

Ik heb zo nadrukkelijk gewezen op het belang van fundamentele kennis en kunde, *ook* omdat ik zie hoe wezenlijk het belang daarvan is voor het behoud van onze industrie. Ik wil in dit verband wijzen op ontwikkelingen in de Verenigde Staten, die elke ondernemer kan waarnemen. Ontwikkelingen die wijzen op het reële risico dat de VS geleidelijk haar industrie aan het verliezen is. Dat is al gebeurd op het gebied van de elektronica; met name de industrie voor consumentenelektronica is reeds nagenoeg van Amerikaanse bodem verdwenen. Die tendens is te voorzien voor ook andere industrietakken, zoals die voor kleding, schoeisel, auto's en zelfs voor vliegtuigen. Waar komen die risico's vandaan?

In de eerste plaats: de industriële cultuur in de VS is scherp gespitst op het bereiken van onmiddellijke resultaten. Fundamentele kennis en kunde, die ik primair beschouw als resources ten behoeve van de lange termijn, worden daarbij als het ware in roofoverval geëxploiteerd. De meeste Amerikaanse universiteiten verkeren daardoor in een parasitaire positie. Hun fundamentele kennis wordt gulzig geconsumeerd door de industrie en de taak van de universiteit verschuift naar de zogenaamde 'job preparation'. Er wordt onvoldoende gedaan aan de verdieping en instandhouding van de fundamentele wetenschappen. Van de in Amerika werkzame post-graduates komt al ongeveer de helft uit het buitenland. Zo'n op korte termijn resultaat gericht industrie- en opleidingsbeleid brengt zich zelf naar de ondergang. Het leidt tot uitholling, waarbij schaarser wordende specialisten, van in mondiale vergelijking relatief afnemende kwaliteit, met hoog opgejaagde salarissen de overlevingskansen in hoog tempo verkleinen.

Het tegenovergestelde zien wij in Japan. Een generatie terug nog een land waar op industrieel-wetenschappelijk gebied weinig eer te behalen was en waar alle energie werd geconcentreerd op het productie-apparaat. Nu een land waarin *zelf* verworven fundamentele kennis veel aandacht krijgt. Met resultaten die her en der reiken naar de wereldtop.

Ik heb deze duiding aan het slot van mijn betoog willen meenemen, om te wijzen op ontwikkelingen waar wij in Europa op bedacht moeten zijn. Het

nationale belang dat zich hier ook voor Nederland aftekent, betekent dat van de overheid gevraagd mag worden onze infrastructuur van fundamentele kennis en kunde, in relatie tot mogelijke toepasbaarheid op termijn ervan, mede te dragen.

Ik wens het Centrum voor Wiskunde en Informatica gaarne toe, dat het in deze context nog tot in lengte van jaren een gezonde functie kan en mag vervullen!

Ik dank u voor uw aandacht.