

## Overleven in de complexe wereld

Henk Barendregt

[Muziek]

Dames en Heren,

Dit meesterwerk dat u net hoorde, is het Ave Verum van Pierluigi Palestrina en is ruim 400 jaar oud. Volgens sommigen was de wereld toen nog goed. Ik weet niet of ik het daarmee eens ben. Hoe het ook zij, in ieder geval was deze toen overzichtelijker dan nu. De totale wetenschappelijke kennis kon in die tijd nog door één persoon bevat worden. Dit ondanks de toenmalige ontdekkingen van Galileo en met name Kepler, die toch best behoorlijk technisch waren. Honderd jaar later werd het moeilijker. De geleerde Leibniz, die leefde rond 1700, wordt wel beschouwd als de laatste homo universalis, iemand die een overzicht had van alle op dat moment aanwezige kennis. Onder andere door zijn eigen werk en vooral dat van Newton, werd de hoeveelheid kennis te groot. (Zij hadden niet alleen nieuwe kennis ontdekt, maar hadden ook een wiskundige sleutel gevonden waarmee je schier onbeperkt nieuwe kennis met bijbehorende toepassingen kon vinden.) We zijn nu ondertussen 300 jaar verder, drie eeuwen waarin er meer gebeurd is dan in de drie millennia daarvoor. De wiskunde en de natuurkunde waren in de tijd van Leibniz volop in een bloeiperiode, waarvan er nog vele zouden volgen. De scheikunde brak 100 jaar later door en 200 jaar later de moderne biologie. Deze disciplines namen een hoge vlucht: biologie is met behulp van de scheikunde in deze eeuw uitgegroeid tot een vak, waarin men leven en niet-leven op fundamenteel niveau soms moeilijk van elkaar kan onderscheiden. En dan kwamen er nog bij de vernieuwende wereldbeelden van de relativiteitstheorie en vooral de kwantummechanica. En alsof dat allemaal nog niet genoeg was, raakte met behulp van computertechnologie de kennisvermeerdering de laatste decennia in een stroomversnelling.

In het Oude Testament lezen we dat Prediker, de zoon van David, het volgende zei: "Alle dingen zijn onuitsprekelijk vermoeiend". Zeker in het laatste jaar van twintigste eeuw kunnen wij het met hem eens zijn: er is ook zo ontzettend veel.

### *De situatie*

Waar heeft dit alles toe geleid? Wel, tot een ongekende uitgebreidheid van onze kennis. Neem bijvoorbeeld het specialisme dat neurotransmitters onderzoekt; dat zijn stoffen in het zenuwstelsel met behulp waarvan de meeste neuronen met elkaar communiceren. Op dit gebied is er sinds de jaren 1960 een zee van artikelen verschenen, in de orde van 23.000. Een onderzoeker op dit gebied kan die binnen een mensenleven nooit allemaal lezen, laat staan bestuderen. Over hormonen zijn er in die periode zelfs zo'n kwart miljoen artikelen verschenen. Aan de andere kant is de

hoop dat wij met die kennis een beter begrip zouden hebben van het functioneren en disfunctioneren van de menselijke geest nog niet in vervulling gegaan. Zoals de onderzoeker Ed Evarts opmerkte: "Indien we nog niet eens de globale veranderingen in de hersenen en de geest goed begrijpen, welke optreden tijdens de slaap, hoe kunnen we dat dan doen bij de veel subtielere processen waar onze patiënten last van hebben."

Het leven bestaat niet alleen uit het beoefenen van wetenschap. Ook de aanwezige informatie voor alle dag is in een stroomversnelling geraakt. Vindt u misschien het aanbod op de televisie nu al groot, over een aantal jaar zullen er honderden kanalen beschikbaar zijn. Via het internet hebben wij toegang tot vele honderden miljoenen web-pagina's. Boekhandels kunnen op dit moment onmogelijk alle werken in huis hebben, welke op de boekenbeurs aangeboden worden. Zelfs de redactie van een kwaliteitskrant verzucht dat het allemaal wel heel erg veel wordt. Het lijkt er inderdaad op dat het leven in deze tijd onuitsprekelijk vermoeiend is.

Daarnaast treffen wij aan een grote schakering van instanties, die ons lijken te beschermen tegen deze overdaad. De gevestigde religies, maar ook de nieuwere. En dan heb je psychotherapie, psychodrama en psychofarmaca. Ook zijn er geestverruimende middelen, of juist geest vernauwende middelen; en dan nog heel andere middelen. Ecstasy (XTC) en paddo's zijn misschien niet algemeen maatschappelijk geaccepteerd, maar viagra en de orgasme pil worden tegenwoordig gewoon besproken in damesbladen met een hoge oplage.

Er worden cursussen gegeven waar mensen elkaar weer leren aan te raken, omdat we dat een beetje verleerd lijken te zijn. Je zou kunnen denken dat een deel van de maatschappij ons bombardeert met informatie en dat een ander deel bezig is met het helen van de wonden. En dat alles voor een zekere prijs, natuurlijk.

### *Studenten*

Deze voordracht, zo heb ik het begrepen, moet een persoonlijke visie geven over het doel van de universiteit in het algemeen en over de vorming van studenten in het bijzonder. In de huidige situatie zoals net geschetst, is het natuurlijk dat ook studenten overdonderd worden door het grote aanbod van wat er allemaal is. Daardoor is het enigszins begrijpelijk, dat zij tegenwoordig weinig belangstelling voor wetenschap hebben, met name voor de exacte vakken. Immers, er is enerzijds veel leuks te beleven in de wereld en anderzijds lijkt het bijna onmogelijk om een originele wetenschappelijke bijdrage te leveren. Het schrijven van artikel 250.001 komt niet echt flitsend over. Dan is er ook nog de vervuiling, waarvan de wetenschap de oorzaak lijkt te zijn. Ook niet erg motiverend.

Volgens de oorspronkelijke betekenis van het woord zijn studenten personen, die zich toeleggen op een bepaald onderwerp. De politiek heeft

tegenwoordig echter het begrip 'studenten' vertaald in 'klanten'. Daarmee wordt bedoeld dat het personen zijn die kennis op de universiteit komen kopen, liefst in hapklare brokken.

Uiteraard moeten wij docenten goed ons best doen om de stof interessant en begrijpelijk te presenteren en mag er geen willekeur zijn wie er al dan niet slaagt voor een tentamen. Dat is echter een taak die voortdurend uitgevoerd moet worden en iets anders dan het zogenaamde studeerbaar maken van een universitaire studie. Je kunt deze doelstelling bereiken door er onder andere voor te zorgen dat de studierichtingcommissies snel en adequaat reageren. Een andere nuttige maatregel is om begaafde studenten extra aandacht te geven. (Begaafde studenten extra aandacht? Dat lijkt de omgekeerde wereld. Maar door de massaliteit en de modaliteit van het huidige onderwijs dreigen zij, ondanks hun hoge cijfers, niet tot bloei te komen, doordat ze te weinig uitgedaagd worden.)

Het beeld van de student als klant van de universiteit is daarom ook verkeerd, omdat gesuggereerd wordt dat de inspanning van één kant komt, terwijl de andere kant betaalt. Natuurlijk, de student betaalt wel degelijk een behoorlijke som als collegegeld, maar de maatschappij legt daar nog veel meer bij. Zowel studenten als docenten moeten hun best doen. Een vruchtbaarder beeld is dan ook om de maatschappij als klant te zien van een samenwerking tussen universiteit en studenten. En, als ik even meedoe aan de hype om in bedrijfstechnische termen te spreken, het product van de genoemde samenwerking is in deze visie wetenschap tezamen met een groep personen die ermee om kan gaan, in het gebruik of in de verdere ontwikkeling ervan. Wetenschap heeft een belangrijke culturele en technologische waarde. Zij moet echter wel onderhouden worden. De gedachte dat wetenschap ingekocht kan worden gaat voorbij aan het feit, dat zij niet alleen bestaat uit een verzameling boeken of formules, maar ook uit de bekwaamheid om die kennis te verwerken en er iets moois of nuttigs mee te doen.

Samenvattend is de situatie dus als volgt. Een complexe wereld waarin studenten (en zij niet alleen, het gaat ons allen aan, waarin wij dus) bloot staan aan een zeer groot aanbod van informatie enerzijds en aan de andere kant een overvloed van culturen en subculturen om ons ervan af te schermen. De belangstelling voor wetenschap is sterk gedaald en veel politici hebben het allemaal niet begrepen.

Na dit negatieve beeld opgeroepen te hebben wil ik even pauzeren, alvorens met het goede nieuws te komen. Laten we luisteren naar een stuk muziek dat deze chaos goed weergeeft. Het zijn twee fragmenten van elk anderhalve minuut uit *Pli selon pli* van Pierre Boulez, gedirigeerd door hemzelf. Dit stuk is overigens al meer dan 35 jaar geleden gecomponeerd, geïnspireerd door gedichten van Mallarmé.

[Muziek]

En dit loopt als volgt af (ik heb een coupure gemaakt).

[Muziek]

Hoe verschillend is deze muziek van die van Palestrina. Je kunt horen dat ze uit totaal verschillende culturen komen. Voor zo'n variatie in stijl hoeft er overigens niet eens een tijdverschil te zijn. Zo is bijvoorbeeld de muziek van Richard Strauss echt Duits en die van Debussy echt Frans. Je kunt je niet vergissen welke muziek van wie is, terwijl sommige van hun stukken in de zelfde tijdsperiode geschreven zijn.

U moet na deze muziek niet denken dat de componist Boulez, om met Karel Appel te spreken, "maar wat aanrotzooit". Toen hij een keer het Concertgebouworkest dirigeerde, tikte hij af op een repetitie tijdens zo'n geluidscluster en zei: "De klarinet is een halve toon te laag". Daarmee krijg je nu gezag bij de musici! De fragmenten die u hoorde, komen uit het vijfde deel van *Pli selon pli* met de veelzeggende titel *Tombeau*. En inderdaad, voor sommigen komt de huidige samenleving zo over.

### *Strategieën*

Hoe kunnen we studenten, maar ook onszelf, laten overleven in de situatie die net geschetst werd, zodat men niet verdrinkt in de veelheid van informatie? Door die overvloed hebben wij de neiging om ons af te sluiten voor een deel ervan en mee te deinen met een ander gedeelte dat goed aanvoelt. Maar net niet het gedeelte dat voor ons het beste is.

Voor een antwoord op deze vraag is het van belang om in te zien dat de situatie helemaal zo negatief nog niet is. Een bibliotheek met een miljoen werken hoeft niet afschrikwekkend te zijn: je kunt er rustig in lopen en dan een welbepaald boek opzoeken. Dus een belangrijke strategie om in deze wereld van vandaag te overleven is het nemen van de juiste rust om gericht informatie tot ons te nemen.

Laten we het eerst hebben over deze rust. Deze kan op drie manieren verkregen worden. Door beperking van de input, door chemische middelen en door een andere verwerking van de input. We zullen ze alle drie bespreken.

De eerste methode is dat je je niet aan teveel input bloot stelt, door je voor een welbepaald gedeelte af te sluiten. Deze methode werkt: in de beperking toont zich de meester. Er zijn echter ook nadelen aan deze levenshouding. Als men bijvoorbeeld geen computer wil hebben, dan geeft dat zeker rust. Maar men mist toch ook wat, al was het alleen maar het gebruik van een goede tekstverwerker of een razendsnel middel voor correspondentie van thuis uit naar alle hoeken van de aarde. En dan hebben we het nog niet eens over andere mogelijkheden ervan.

Dan is er ten tweede de mogelijkheid om chemische middelen tot ons te nemen waardoor de input anders over komt. Denk bij dit laatste aan alcohol, psychofarmaca en andere reeds eerder genoemde middelen. Men kan ermee tot rust komen of juist aangezet worden tot grootse daden. Mijn sterke voorkeur gaat ernaar uit om—zo mogelijk—geen toevlucht te nemen tot zulke middelen. Gewoon, omdat die het gevaar inhouden er afhankelijk van te worden. Bovendien zijn er meer dan genoeg andere manieren om positieve ervaringen te krijgen. Dit gezegd hebbende ben ik, in navolging van een paar gezaghebbende medici, er wel een voorstander van om bijvoorbeeld harddrugs onder klinisch toezicht tegen kostprijs verkrijgbaar te maken. De verwachte gevolgen zijn enerzijds een vermindering van de criminaliteit en anderzijds een verlaging van de drempel om tegen de verslaving een ontwenningsskuur te volgen.

Tenslotte is er een derde manier om met input om te gaan. Hierbij sluit men zich er niet voor af, maar moet men leren om deze op een soepele manier te verwerken. Dan ben je er zelf steeds bij wat wel en wat niet welkom is. Dit vergt enige training en bestaat uit het onderkennen dat informatie aanleiding geeft tot emoties en impulsen. Sommigen daarvan zijn hardnekkige stoorzenders. Deze emoties hoeven niet onderdrukt, maar wel snel op hun waarde onderzocht te worden. Men ziet dan bijvoorbeeld in zichzelf "O, er is boosheid" of "O, er is verlangen". Op deze manier kan men de boosheid of het verlangen naast zich neerleggen, wanneer men net met zichzelf afgesproken heeft voor een tentamen te gaan leren. In andere gevallen kan men zo men wil wel ingaan op de emotie. De methode bestaat er dus uit dat men de input wel tot zich laat komen, maar dat ze selectief verwerkt wordt. Ik zal hier later in dit academische jaar verder over spreken bij de opening van het Heyendaal Instituut.

Traditioneel hebben de religies de rol vervuld om in een instabiele wereld een zekere mentale stabiliteit te geven. Hoewel deze rol in behoorlijke mate verschoven is naar de psychotherapie, is zij nog steeds aanwezig. Religies prediken vrede, zowel met de wereld buiten ons als met ons zelf. Wel is het belangrijk dat een religie oprecht is. Het moeten geen sekten zijn. In de jaren 1980 werd in de nationale Raad der Religies het volgende kenmerk opgemerkt van een sekte. Dat zijn georganiseerde groepen mensen rondom een aantal leerstellingen tot welke men toe kan treden, maar waar men niet meer vrijwillig mag uittreden, volgens de regels van die leer. Er wordt in dat geval een sterke druk of zelfs dwang uitgeoefend om tot de groep te blijven behoren. Verder denk ik dat, wil een religie in de eenentwintigste eeuw overleven, deze beter niet al te autoritair kan zijn.

Psychotherapie kan in staat zijn bepaalde groepen mensen tot een verhoogde levenskwaliteit te brengen, met als onderdeel daarvan een zekere innerlijke rust. Helaas gaat dit niet op voor personen met 'zwaardere' emotionele of cognitieve storingen. (Ook de religies is het moeilijker om met deze zware gevallen om te gaan.) Voor de lichtere

gevallen zijn er meerdere therapieën mogelijk en lijkt het niet correct om over 'de enige juiste therapievorm' te spreken. Veel hangt af van de individualiteit van de cliënt.

Voorlopig zullen we het houden op een gerichte beperking van de input ter verhoging van de rust en discipline. Ik wil daarmee niet zeggen dat een student geen plezier mag beleven. Integendeel, plezier is belangrijk en kan een goede basis zijn om daarna weer hard verder te studeren. Spinoza heeft zo iets ook al eens gezegd. De input moet vooral beperkt worden tijdens de voorbereiding van het studeren en tijdens het werk zelf. Iedereen zal het, denk ik, ermee eens zijn dat als je een tentamen wilt leren, dan kun je dat maar beter zo doen dat je in één keer slaagt.

Na het verkrijgen van een zekere rust kan men komen tot het maken van de juiste keuzes. Want anders dan draaien we maar in cirkels rond, waarin we eigenlijk niet willen draaien. Een belangrijk element bij het kiezen bestaat uit het hebben van een plan. En dan blijkt opeens dat de wereld heel interessant is en dat het huidige tijdperk ons veel mogelijkheden biedt. Een keer was ik in Connecticut, een van de verenigde staten van Amerika. Een Nederlandse dirigent had me gevraagd iets op te zoeken in de Library of Congress in Washington, over een bewerking van de Matthäus Passion van Bach door een zekere Robert Franz. Deze romantische componist had er een andere bezetting aan gegeven: trompetten, pauken en andere instrumenten werden toegevoegd. Noch het kengetal van Washington noch het nummer van deze grote bibliotheek waren mij bekend. Toch had ik na aanvang van een telefonische speurtocht binnen vijf minuten iemand aan de lijn met de bewuste partituur op schoot. Kijk dit is nu Amerika op zijn best, met zijn prachtige cultuur van bibliotheken en andere informatievoorziening. Hoewel Nederland ook goede bibliotheken heeft, haalt ons niveau het niet bij dat van Amerika. Bij ons gaan de meeste bibliotheken tegen het eind van de middag truttig dicht, terwijl aan de andere kant van de oceaan het gonst van stille activiteit tot middernacht. Het zijn daar plaatsen met aura, die inspireren tot studie en creativiteit. Tegenwoordig gaat het iets beter met de openingstijden, maar een echte bibliotheek cultuur hebben we hier nog niet. Om dat te bereiken moet er naast langere openingstijden wellicht tegelijkertijd een mentaliteitsverandering bij de gebruikers plaats vinden.

Bij het juiste gebruik kan ook de grootte van het WorldWideWeb benut worden om snel relevante informatie te vinden. Als je een bepaald artikel wilt zoeken dat op het web staat, dan wordt het vaak binnen 15 seconden gevonden, tussen alle andere honderden miljoenen documenten. Maar je moet dan wel gericht zoeken. Deze grote snelheid is overigens te danken aan het feit dat er dag en nacht 'robots' bezig zijn het web in kaart te brengen. De gevonden informatie wordt dan opgeslagen op een groep van zo'n duizend computers, die ergens in Californië bij elkaar staan. Het zoekproces naar een bepaald artikel kan dan lokaal plaats vinden binnen die groep.

Zo zijn er ook zoekmachines die de kwart miljoen artikelen over hormonen op snelle manier kunnen doorzoeken. De kunst is dan weer om de juiste vragen te stellen. Wordt er niets geschikts gevonden, dan kan het de moeite waard zijn om met andere trefwoorden verder proberen te zoeken.

Samenvattend is het volgende van belang om niet ten onder te gaan aan de informatie overvloed. Wij moeten ons op ons gemak richten op een deel van wat er is, al dan niet met bewuste uitsluiting van het andere. Het hebben van een gericht plan is daarbij heel belangrijk.

### *Noodzakelijke bagage*

Rust en selectievermogen zijn wel belangrijke ingrediënten om te overleven in de chaotische wereld, maar er is meer nodig. Om als academicus volwaardig in de eenentwintigste eeuw te staan, is het nodig te weten hoe de essentiële raderen van de samenleving lopen, wat de culturele waarde van wetenschap is en dat er wetenschappelijke uitdagingen zijn. In de traditie van Buytendijk wil ik nu komen tot de belangrijkste aanbeveling over hoe de universiteit een aanstaand academicus zou moeten vormen. Dit is niet alleen goed voor de academicus in spe, maar ook voor de samenleving.

Alvorens de aanbeveling uit te spreken, wil ik duidelijk maken dat er dringend iets nodig is. Om dit te doen, vraag ik u zich ongeveer 100 jaar in de tijd terug te verplaatsen, naar de periode waarin de eerste telefoons geïnstalleerd werden. Het verhaal gaat dat iemand, die gehoord had dat de telefoon een verbetering van de telegraaf was, met veel moeite een papiertje met een boodschap erop door het spreekgedeelte van de hoorn probeerde te duwen. Dit voorbeeld toont aan dat niet iedereen meteen begrijpt wat nieuwe techniek inhoudt. In die begin tijd van de telefoon zullen er technici geweest zijn, voor wie het duidelijk was dat een telefoon afgetapt kon worden. Als deze mensen toen bij een jurist van de regering gevraagd zouden hebben hoe er wetgeving geregeld kon worden om dat te voorkomen, dan zouden ze als antwoord gekregen kunnen hebben: "Bespreek dat maar met de commissie nieuwe techniek". Zoiets kost echter tijd. Wanneer in die beginperiode iemand zou proberen de telefoon van de president van Amerika af te tappen, iemand van de andere partij of zo, en het zou toen voor een rechter niet meteen duidelijk zijn dat er een poging tot een ernstig misdrijf ondernomen werd, dan zou het te lang duren voordat er iets gedaan wordt. Het is dus van belang dat een aantal technische mogelijkheden globaal genomen gekend worden door iedere academicus, anders nemen de politici beslissingen over zaken die ze niet begrijpen (of zoals het voorbeeld aantoont worden er juist geen beslissingen genomen). Vandaag de dag geldt dat nog veel meer dan honderd jaar geleden. Dit is overigens niet alleen mijn privé mening, in het Zweedse parlement wordt er letterlijk ook zo over gediscussieerd.

Het beeld van de wetenschap geschetst in het begin van deze lezing is te negatief. Ook al zijn de neurale processen in het brein van iemand met

psychische klachten niet volledig bekend, we zijn verder dan honderd jaar geleden. Psychofarmaca hebben nog hun beperkingen en bijwerkingen, maar ze zijn beter dan een dwangbuis. Menselijke insuline kan door kennis van de genetische code in een bacterie gekweekt worden. Het idee dat wetenschap vervuilend is, berust op struisvogel politiek. Wij zijn het die vervuilen, omdat we graag zoveel willen hebben. Mits goed toegepast kan de wetenschap juist ingezet worden om de vervuiling terug te dringen. Maar dan moet er wel snel meer kennis komen van wat mogelijk en onmogelijk is.

Die grote hoeveelheden artikelen over één specialisme waarover ik eerder sprak zijn er echt. Maar het leven en de wereld zijn dan ook erg ingewikkeld. Wat helpt om de informatie overzichtelijk te houden, is het feit dat er ook overzichtsartikelen en boeken bestaan, die ieder de belangrijkste verworvenheden van zeg 10, 100 of soms wel meer dan 1000 artikelen samenvatten. Ten dele wordt die overvloed mede veroorzaakt door het principe *publish or perish*. Het zou de moeite waard zijn om daar ook eens over na te denken. In ieder geval zullen er binnen tien jaar veel minder papieren tijdschriften zijn en zal vrijwel al het wetenschappelijke nieuws elektronisch verschijnen (met behoud van het systeem van *referees*). Het gewone nieuws in de kranten en TV zal overigens ook digitaal tot ons komen.

Waar ik voor wil pleiten is een nieuwe vorm van 'algemene ontwikkeling' voor alle studenten van de universiteit, waarbij op een globale, maar inhoudelijke manier kennis gemaakt wordt met een aantal belangrijke zaken uit andere disciplines. Deze kennismaking mag niet vrijblijvend zijn, ze moet geëxamineerd worden. Als eerste benadering denk ik aan een college dat in het eerste jaar van de studie een jaar lang gelopen wordt, twee uur per week, waarbij een uitgekozen discipline een of twee weken een belangwekkend onderwerp kan presenteren. De natuurkundige Gerard 't Hooft heeft er eens voor gepleit dat men beter veel over één onderwerp kan weten, dan weinig over veel onderwerpen. Hiermee ben ik het volledig eens. Maar een minimum aan kennis van belangrijke onderwerpen in andere vakgebieden is op dit moment, zoals reeds betoogd, dringend gewenst.

Het begrip 'belangrijk onderwerp' behoeft een nadere invulling. Hieronder reken ik een thema dat aan een of meer van de volgende drie criteria voldoet.

1. Het is van belang voor het begrijpen van de huidige samenleving.
2. Het is een wetenschappelijke uitdaging.
3. Het is van esthetische waarde.

Die laatste voorwaarde heb ik er bij gezet omdat het in dit bestaan niet alleen om technische vorderingen of om intellectuele uitdagingen draait, maar uiteindelijk om de kwaliteit van leven. Bovendien zijn de drie aspecten onlosmakelijk met elkaar verweven. Door deze criteria zal het zo zijn, dat niet alle disciplines evenredig vertegenwoordigd zijn in het beoogde college. Wel denk ik dat het goed is dat een student in een bèta



wetenschap ook kennis maakt met een aantal onderwerpen uit de humaniora.

Ik ga nu in op een aantal voorbeelden. Deze dienen alleen om de toon aan te geven; de precieze keuzes, de details en de motivatie zullen nog nader uitgewerkt moeten worden. Ik noem een aantal disciplines en geef aan welke onderdelen mij van belang voorkomen voor de nieuwe algemene ontwikkeling. Op een aantal onderwerpen—waarbij het begrip informatie een rol speelt—zal ik wat dieper ingaan.

Humaniora: Mærlants wereld. Dit boek van Frits van Oostrom is een prachtig voorbeeld dat aantoont dat geschiedschrijving—in dit geval gaat het over de dertiende eeuwse Nederlandse schrijver Jacob van Mærlant—mogelijk is, ook al zijn er zeer weinig concrete gegevens over een bepaalde persoon bekend. De auteur heeft dit probleem ‘opgelost’ door niet de hoofdpersoon van wieg tot graf te volgen, maar door de wereld waarin hij leefde nader te omschrijven. Duidelijk maken dat geschiedschrijving altijd te kampen heeft met te weinig of juist te veel materiaal en dat er een visie ontwikkeld moet worden van waaruit men de beschikbare gegevens ordent.

Beleidswetenschappen: het geldwezen en de beurs. Dit onderwerp is van belang omdat het van grote invloed is op het dagelijks leven (maar dat merken we pas als het fout gaat). Uitgelegd moet worden dat geld oorspronkelijk een middel was dat gelijkwaardig was met een hoeveelheid goud als ruilmiddel. Maar dat het tegenwoordig alleen maar een soort *virtual reality* is die bestaat in de geheugens van een aantal centrale computers. Dat er op de beurzen schrikbarend vele malen meer geld in omloop is, dan dat er in de wereld aan goederen en diensten geleverd kan worden. Dat dit een riskante situatie is. Dat het nemen van opties een soort gokken is (waar overigens wel interessante wiskunde voor bestaat).

Filosofie/theologie: reflectie. Op het wetenschappelijk denken en op het handelen, het in de wereld staan. Voorbeelden van hoe het op essentieel verschillende manieren kan. De filosofie heeft eeuwenlang een pioniersrol vervuld door vragen te stellen, die in andere disciplines nog niet gesteld (konden) worden. Het ‘tragische’ van de filosofie is, dat na een succes waarbij de vragen zekere vormen van antwoord kregen, het onderwerp afgepakt en tot een eigen discipline verheven werd. Zo had je de atoomtheorie in de Griekse filosofie die later scheikunde werd, de vraag naar de waarheid bij diezelfde Grieken werd wiskunde. Zo is de vraag naar de aard van het bewustzijn al millenia een vraag uit de filosofie, maar waar men pas sinds kort in neurowetenschappen hardop over na durft te denken.

Rechten: rechtsvormen. In ons land is het recht gebaseerd op wetboeken, terwijl dat elders anders gaat. Het een en ander toelichten aan de hand van het copyright, octrooien en patenten in verschillende landen. Internationaal aansprakelijkheidsrecht.

Sociale wetenschappen: culturele omgangsvormen. Wat beleefd is in een bepaalde samenleving kan onbeleefd zijn in andere culturen. Er moet niet alleen een droge lijst gegeven worden, maar de student zal zich ook moeten inleven in een patroon van waarden die de onze niet zijn.

Informatica: versturen van vertrouwelijke informatie. Het begrip informatie, te weten een rijtje van 0-en en 1-en met een bijbehorende sleutel voor de betekenis. Duidelijk maken dat er over een aantal jaar bijna geen reisbureaus in de stad meer zullen zijn, maar dat men via het internet bewegende beelden van palmen op een strand zal zien (*real time!*) en dat men dan een reis kan bestellen en betalen van thuis uit. De tickets komen uit je eigen printer. Bij dit alles is het van belang dat er een goede methode is om informatie veilig gecodeerd over het net te versturen door middel van een methode die werkt met zogenaamde openbare sleutels. De code is alleen te kraken als de wiskunde essentieel verder komt, hetgeen niet snel verwacht wordt op dit gebied. Uitdaging: het ontwikkelen van hulpmiddelen om betrouwbare programma's te schrijven. (Programma's bevatten vaak miljoenen regels instructies. Het testen van zo'n programma is slechts zeer ten dele mogelijk. Daarom wil men wiskundige bewijs-technieken gebruiken om de kwaliteit te kunnen garanderen.)

Ruim tien jaar geleden probeerde een medewerker van het Centrum voor Wiskunde en Informatica de Nederlandse Bank te overtuigen van het nut voor geavanceerde cryptografie in het betalingsverkeer. Niet alleen om te zorgen dat het geld op de juiste plaats aankomt, maar ook om de privacy te garanderen van het uitgavenpatroon van de gebruiker. Waarschijnlijk vanwege onbegrip heeft men niet met hem in zee willen gaan. Later heeft de centrale Duitse Bank via deze persoon de technologie wel over willen nemen. En door de Europese Gemeenschap en de euro komt het dan misschien uiteindelijk toch ook nog goed in Nederland. Maar dat had sneller gekund als de nieuwe algemene ontwikkeling gemeengoed was geweest.

We geven een voorbeeld van de genoemde cryptografie. Eerst zien we (kader 1) een vertrouwelijke boodschap, die iemand naar een medestudent wil sturen. Zoals uitgelegd wordt in kader 4 gebruikt deze daarbij een zogenaamde openbare sleutel van de ontvanger, opgeschreven in kader 2. De gecodeerde boodschap staat in kader 3 en kan alleen door die ontvanger ontcijferd worden. Om de sleutel niet te groot te laten zijn is een versie van het codeer programma gebruikt, die een paar jaar oud is.

Laten we op maandag 25 januari 1999 om 16:30 de Aula minor van de KUN opblazen. Anders moeten we weer allerlei extra ballast leren.

Het Studenten Collectief.

### **Kader 1. Vertrouwelijke boodschap**

```
-----BEGIN PGP PUBLIC KEY BLOCK-----  
Version: 2.6.3ia
```

```
mQCNAzbBidEAAAEFAMLx8z1Je7hnDHZeUJ0UCUxhZq1sVUwdpIk3sX8Khn5s8ZJN  
P5bfFhULtTnEkSVwBcmD5ntMkL2noK7hx5GKcRLe9vLB0RcOQhvn0lctu6Ot0/Wa  
MoDz078qdas9y8sT/5kCyEiuJOEJ//fR8T/HC51PiPObqyFTnexJjk0NtXg5AAUR  
tA5oZW5rQGNzLmt1bi5ubIkAlQMFEDbBidHsSY5NDbv40QEBcRID/jd1WtNpgMwu  
oxwlvVkpF3Aaln//YwtOhV6EZg4owVnetPgUx7Yc8Eqwo8ar8FrkVPodxGB8jCYW  
ungPqMGSkAegjEvGlxlspWPP11fcMIYG6V9FQP/uJzeaDksF+Tts0XHvBTMzQv5  
C/WMNQRQOi3Fzh6FziVIxvmqJ2XvU3NL  
=yPxM  
-----END PGP PUBLIC KEY BLOCK-----
```

## Kader 2. Openbare codeersleutel

```
-----BEGIN PGP MESSAGE-----  
Version: 2.6.3ia
```

```
hIwD7EmOTQ21eDkBA/9LYP6L1qor4CvtxEbX4tahpwKutLKIltmme3ndMj9ZZjp/  
0tRNF15in0+qffiqLggh6W1/Z/xB6B0016hsVU7YZalJwZUG5UD4fMc7VjZwnCwN  
pVJRP8X1eWa+ybxj0ilhktJpcN5KmFmyTtCXvRqf3UAoad8Thox602xm1bXsKYA  
AACerwGloPr75jittb1ttUkA00098Us3xph34TWZLnBj0Be7Oqp+spL9ypMpWUfv  
7HmYuoggFgIz3MqiEH9M7sek+SesISmLe7kRP4e/G0GlCO3sXO68YuACJ0M+wWxX  
B+M6Rbu6WPHVzvJRT81z168RU5x1hDV4W6do0jJzT9AikOv3fMh8UT0M4wXyE88w  
A+QG4ocAY6gUD7wiFCHBO94=  
=fktC  
-----END PGP MESSAGE-----
```

## Kader 3. Gecodeerde boodschap

De coderingssystemen met openbare sleutels werken als volgt. De codeersleutel is openbaar, maar de bijbehorende decodeersleutel niet. Als A nu aan B een boodschap op wil sturen, dan kiest B een geheime decodeersleutel, bepaalt de bijbehorende openbare codeersleutel en stuurt die naar A op. Het doet er niet toe of dat over een veilig kanaal gebeurt. A codeert het bericht met behulp van de codeersleutel en alleen B kan de decodering uitvoeren. (Met dit systeem is het ook gemakkelijk te garanderen dat een boodschap die bij B aankomt echt van A afkomstig is. A codeert de boodschap dan niet alleen met de van B afkomstige codeersleutel. Eerst bewerkt zij het resultaat met haar eigen decodeersleutel; daarna met de codeersleutel van B. Als B het resultaat ontvangt, dan zal hij eerst de dubbel gecodeerde boodschap moeten bewerken met zijn eigen geheime decodeersleutel, waarna hij de openbare codeersleutel van A er op los kan laten. Dit werkt omdat men in willekeurige volgorde kan 'coderen' en 'decoderen'; na elkaar uitgevoerd leveren de twee operaties steeds het oorspronkelijke bericht op.)

Dat de decodeersleutel niet uit de codeersleutel gevonden kan worden heeft ermee te maken dat het moeilijk is om uit een groot getal de priemfactoren te vinden. Zo is bijvoorbeeld

$$513743 = 1999 \times 257$$

en uit 1999 en 257 kan gemakkelijk dit product verkregen worden, maar omgekeerd is het lastiger. Uit een getal, dat het product is van twee priemgetallen met elk zo'n honderd cijfers, is het zeer lastig om de twee factoren te bepalen. De openbare codeersleutel bestaat essentieel uit het product van twee priemgetallen en een extra getal; de geheime decodeersleutel is een ander getal te vinden met behulp van de twee priemfactoren.

## Kader 4. Codering met openbare sleutels

Wiskunde: correctheid. Objecten en eigenschappen. Definities en stellingen. Het begrip bewijs en de hoogst mogelijke graad van zekerheid daarmee verkregen. Beperking van het nut van bewijzen indien de objecten of eigenschappen niet goed gedefinieerd zijn. Een wiskundig bewijs laten ervaren. Mechanische verificatie van bewijzen. Symbolisch rekenen en redeneren met behulp van een computer. Uitdaging: het benutten van de computer, niet alleen voor berekeningen maar ook voor hulp bij bewijzen. (Het is me niet gelukt een zuiver wiskundige uitdaging te vinden, waarvan ik verwacht dat deze bij niet-wiskundigen aanslaan. Maar grote uitdagingen zijn er wel degelijk.) We gaan kort in op de methode van mechanische bewijsverificatie. Beschouw de volgende stelling van Euclides over priemgetallen<sup>1</sup>. Deze stelling is niet alleen elegant, maar ook relevant voor de genoemde cryptografie.

Er zijn oneindig veel priemgetallen.
--------------------------------------

**Kader 5. Een stelling van Euclides**

Deze bewering kan als volgt precies gemaakt worden (het begrip ‘oneindig veel’ wordt vermeden).

$\forall n \in \mathbb{N} \exists p \in \mathbb{N} [\text{Priem}(p) \ \& \ p > n]$
--

**Kader 6. Formalisering van deze stelling**

Dit wil het volgende zeggen. “Voor alle natuurlijke getallen  $n$  is er een priemgetal  $p$  dat groter is dan  $n$ ”.

Bewijs. Gegeven $n$ . Beschouw $k=n!+1$ . Hierbij is $n!=1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n$ . Laat $p$ een priemgetal zijn waardoor $k$ deelbaar is. (Zoek naar echte delers van $k$ en dan weer naar delers daarvan, enzovoorts. Omdat de verkregen getallen steeds kleiner worden moet dit proces uiteindelijk stoppen bij een priemgetal $p$ .) Voor deze $p$ geldt verder dat $p > n$ . Want als $p \leq n$ zou zijn, dan was $n!$ per definitie deelbaar door $p$ ; maar dan zou $n!+1$ niet deelbaar door $p$ zijn, en $p$ was nu net een factor van dit getal $k$ . Dus $p$ voldoet aan de twee gevraagde eigenschappen. QED
---

**Kader 7. Informeel bewijs van de stelling van Euclides**

In het nu volgende zogenaamde formele bewijs van deze stelling worden alle stappen volledig uitgespeld. Dit kan op een zodanige manier gebeuren dat een computer met een eenvoudig programma dat formele bewijs kan verifiëren. Het is van methodologisch belang dat dit gebeurt door een eenvoudig programma, want alleen dan is er sprake van winst in betrouwbaarheid. Er zou namelijk een fout in het controlerende programma

---

<sup>1</sup> Een getal  $p > 1$  heet een priemgetal als  $p$  geen echte delers heeft, dat wil zeggen voor geen getal  $d$  kleiner dan  $p$  en ongelijk 1 geldt dat  $p$  deelbaar is door  $d$ . (Per definitie wordt 1 niet als priemgetal beschouwd, omdat anders een willekeurig getal niet eenduidig in priemgetallen ontbonden zou kunnen worden:  $21=3 \times 7=1 \times 3 \times 7$ .) Voorbeelden: 13, 19 en 1999 zijn priemgetallen, maar 21 en 91 niet.

kunnen zitten, maar door de eenvoud ervan kunnen we nu zelf nagaan dat dit niet het geval is. Het verifiërende programma doet niets anders dan stap voor stap kijken of een logische gevolgtrekking goed genomen is. In het nu volgende formele bewijs, geconstrueerd door Mark Ruys, zijn voor sommige definities en hulpstellingen de details niet ingevuld. Voor een volledig bewijsobject, zie

[http://www.cs.kun.nl/~henk/infinately\\_many\\_primes](http://www.cs.kun.nl/~henk/infinately_many_primes)

```
[λn:el Nat] [k=succ (fac n)] has_prime_factor k
(LessEqN_elim_succOneN (fac n) (le_one_fac n))
(Ex(el Nat) ([λy:el Nat](ap2NatNatOmega LessN n y &
ap2NatNatOmega LessEqN y (succ (fac n)) & is_prime y)))
([λy:el Nat][λP:is_prime_factor y k]
[D=fst(divides y k)(is_prime y) P]
[Q=snd(divides y k)(is_prime y) P]
[H=fst(ap2NatNatOmega LessN OneN y)
({Πu:el Nat}(ap2NatNatOmega LessN OneN u) →
(ap2NatNatOmega LessN u y) → not_divides u y) Q]
ExIntro(el Nat) y ([λv:el Nat]
(ap2NatNatOmega LessN n v & ap2NatNatOmega LessEqN v (succ (fac n))
& is_prime v))
(pair(ap2NatNatOmega LessN n y &
ap2NatNatOmega LessEqN y (succ (fac n))) (is_prime y)
(pair(ap2NatNatOmega LessN n y)
(ap2NatNatOmega LessEqN y(succ (fac n)))
(LessN_intro y n ([λF:ap2NatNatOmega LessEqN y n]
LessN_irrefl OneN (extenRelNatNat LessNoneNoneN
(Eq_reflNat OneN) y OneN (divides_lemma_3 y (fac n)
(fac_dividesyn (LessEqN_intro_succOneN y
(LessN_succ_introOneN y H)) F) D) H) absurd))
(divides_lemma_1 y k D (ap2NatNatOmega LessEqN y (succ (fac n)))
(Id (ap2NatNatOmega LessEqN y k))
([λG:EqNat k ZeroN] Succ_not_zero (fac n) G
(ap2NatNatOmega LessEqN y (succ (fac n)))))) Q))
(Ex(el Nat) ([λy:el Nat](ap2NatNatOmega LessN n y & is_prime y)))
([λy:el Nat][λH:ap2NatNatOmega LessN n y &
ap2NatNatOmega LessEqN y (succ (fac n)) & is_prime y]
ExIntro(el Nat) y
([λw:el Nat](ap2NatNatOmega LessN n w & is_prime w))
(pair(ap2NatNatOmega LessN n y) (is_prime y)
(fst(ap2NatNatOmega LessN n y)
(ap2NatNatOmega LessEqN y (succ (fac n)))
(fst(ap2NatNatOmega LessN n y & ap2NatNatOmega
LessEqN y (succ (fac n)))(is_prime y) H))
(snd(ap2NatNatOmega LessN n y & ap2NatNatOmega
LessEqN y (succ (fac n))) (is_prime y) H)))
```

### Kader 8. Formeel bewijs van deze stelling

Natuurkunde: klassieke versus kwantum mechanica. Het modelbegrip in de klassieke mechanica: de objecten worden volledig beschreven. Het modelbegrip in de kwantummechanica: de objecten worden ten dele beschreven. In het algemeen kan met het klassieke modelbegrip nauwkeurige beschrijvingen en voorspellingen gedaan worden. Echter de deelbeschrijving van het kwantummechanische model is in belangrijke gevallen toch voldoende om er zeer nauwkeurige voorspellingen mee te doen. Zo kan de theorie tot op veertien decimalen nauwkeurig

voorspellen wat het magnetisch moment is van een elektron. Aan de andere kant zijn de beschrijvingen in de klassieke mechanica weliswaar totaal, maar hebben ze niet altijd een voorspellende kracht. Uitdaging: het vinden van een bevredigende theorie, die alle natuurkrachten omvat.

De natuurkundige Feynman heeft aangetoond dat je heel goed voor een lekenpubliek een aantal essentiële aspecten van het kwantummechanische model kunt uitleggen. Hij gebruikt daarbij listig de complexe getallen, zonder te vertellen dat hij dat doet: hij tekent pijltjes en gaat daar wat mee draaien.

Sterrenkunde: Argumenten dat het heelal 10-15 miljard geleden ontstaan is. Verklaring van de grote hoeveelheid energie uitgezonden door de sterren. De spectaculaire uitbarstingen bij het ontstaan van zwarte gaten uit neutronensterren, waarbij er in een fractie van een seconde net zoveel energie vrijkomt als onze zon gedurende zijn leven van negen miljard jaar uitstraalt. Uitdaging: bepaling van de ruimte parameters (hebben we een vlak, positief of negatief gekromd heelal).

Scheikunde: Schadelijke en onschadelijke stoffen. Vooral in het milieu en de voedingsindustrie. Afrekenen met de mythe dat natuurlijke stoffen altijd onschadelijk en andersom kunstmatige stoffen altijd schadelijk zouden zijn. Wel kritische houding ten aanzien van gebruikte hulpstoffen aanleren. Iets over de rol van technieken om molecuul structuren te bepalen en af te beelden. Uitdaging: het ontwikkelen van technieken om moleculen atoom voor atoom in een verbinding te plaatsen of juist los te maken.

Moleculaire biologie: de rol van eiwitten en genen. Eiwitten zijn de belangrijke onderdelen van levende organismen: bouwstenen, transport middelen, coördinatoren van de chemische reacties, afweer systeem. Genen bestaan uit een chemische code voor deze eiwitten zodat een kopie overal waar nodig heen gestuurd kan worden om het nodige eiwit te produceren. De zelfrePLICATIE en foutcorrectie bij het aflezen van genen. Uitdaging: het vinden van een methode om uit de structuur van een gen het bijbehorende eiwit, met zijn ruimtelijke structuur en eigenschappen af te leiden.

We geven een voorbeeld hoe een eiwit genetisch gecodeerd wordt. We doen dit voor *Nerve Growth Factor* (NGF), dat onder andere van belang is voor de ontwikkeling van het zenuwstelsel. De genetische code bestaat uit een keten van 'letters' uit het 'alfabet' bestaande uit de vier symbolen A, C, G en T. (Deze letters staan voor vier bekende chemische stoffen.) Iedere drietal van deze letters correspondeert (op een paar belangrijke uitzonderingen na) met een van de twintig bouwstenen van eiwitten, de zogenaamde aminozuren. Deze worden weergegeven door een twintigtal letters (dat daarbij weer de letters A, C, G en T voorkomen is niet relevant). De uitzonderingen zijn drietallen, die niet met een aminozuur corresponderen, maar met een stopteken (vergelijkbaar met de '.' in de

omgangstaal; dit teken dient om aan te geven dat de productie van het eiwit voltooid is). TGA is zo'n drietal dat een stopteken representeert. De genetische code van NGF is nu:

[http://srs.ebi.ac.uk:5000/srs5bin/cgi-bin/wgetz?-e+\[embl-pid:G53365\]](http://srs.ebi.ac.uk:5000/srs5bin/cgi-bin/wgetz?-e+[embl-pid:G53365])

ACGT keten: lengte 924 basis paren.

ATGCTGTGCC	TCAAGCCAGT	GAAATTAGGC	TCCCTGGAGG	TGGGACACGG	GCAGCATGGT	60
GGAGTTTTGG	CCTGTGGTCG	TGCAGTCCAG	GGGGCTGGAT	GGCATGCTGG	ACCCAAGCTC	120
ACCTCAGTGT	CTGGGCCCAA	TAAAGTTTTT	GCCAAGGACG	CAGCTTTCTA	TACTGGCCGC	180
AGTGAGGTGC	ATAGCGTAAT	GTCCATGTTG	TTCTACACTC	TGATCACTGC	GTTTTTTGATC	240
GGCGTACAGG	CAGAACCGTA	CACAGATAGC	AATGTCCCAG	AAGGAGACTC	TGTCCCTGAA	300
GCCCACTGGA	CTAAACTTCA	GCATTCCCTT	GACACAGCCC	TCCGCAGAGC	CCGCAGTGCC	360
CCTACTGCAC	CAATAGCTGC	CCGAGTGACA	GGCAGACCC	GCAACATCAC	TGTAGACCCC	420
AGACTGTTTA	AGAAACGGAG	ACTCCACTCA	CCCCGTGTGC	TGTTCAGCAC	CCAGCCTCCA	480
CCCACCTCTT	CAGACACTCT	GGATCTAGAC	TTCCAGGCC	ATGGTACAAT	CCCTTTCAAC	540
AGGACTCACC	GGAGCAAGCG	CTCATCCACC	CACCCAGTCT	TCCACATGGG	GGAGTTCTCA	600
GTGTGTGACA	GTGTCAGTGT	GTGGGTGGA	GATAAGACCA	CAGCCACAGA	CATCAAGGGC	660
AAGGAGGTGA	CAGTGCTGGC	CGAGGTGAAC	ATTAACAACA	GTGTATTTCAG	ACAGTACTTT	720
TTTGAGACCA	AGTGCCGAGC	CTCCAATCCT	GTTGAGAGTG	GGTGCCGGGG	CATCGACTCC	780
AAACACTGGA	ACTCATACTG	CACCACGACT	CACACCTTCG	TCAAGGCGTT	GACAACAGAT	840
GAGAAGCAGG	CTGCCTGGAG	GTTTCATCCGG	ATAGACACAG	CCTGTGTGTG	TGTGCTCAGC	900
AGGAAGGCTA	CAAGAAGAGG	CTGA				924

### Kader 9. Genetische code voor het eiwit *Nerve Growth Factor*

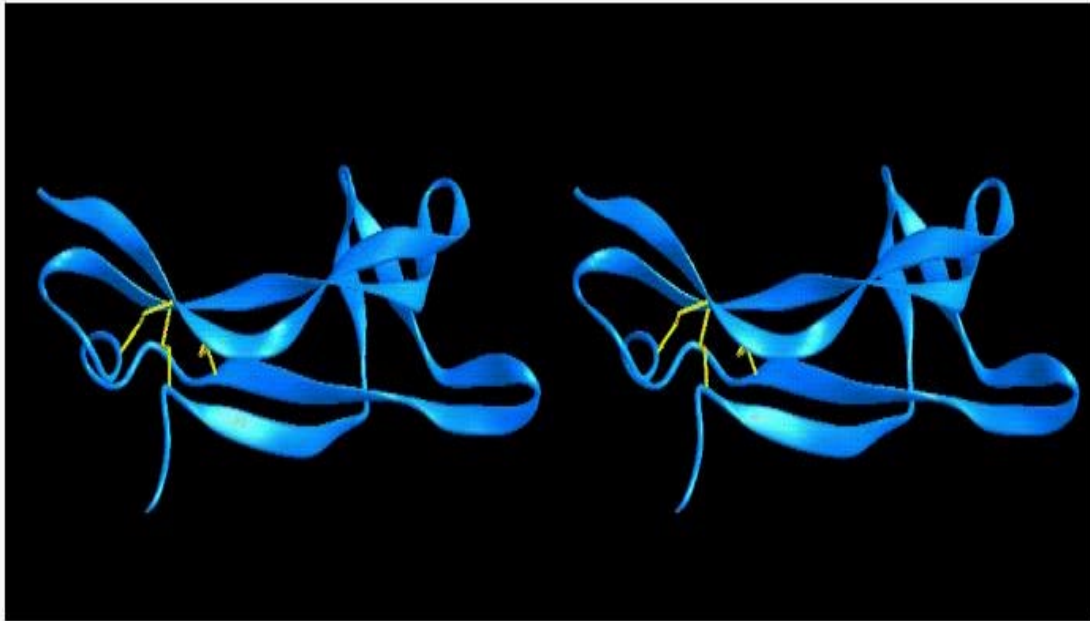
Via een vaststaande codering, die voor het grootste deel van de levende organismen gelijk is, correspondeert deze genetische code nu met de volgende keten van aminozuren. Inderdaad is  $307 \times 3 + 3 = 924$ , waarbij de laatste drie afkomstig is van het drietal TGA, dat staat voor het stop teken.

Eiwitketen: 307 Aminozuren; Molecuulgewicht 33787.

MLCLKPVKLG	SLEVGHGQHG	GVLACGRAVQ	GAGWHAGPKL	TSVSGPNKGF	AKDAAFYTGR	60
SEVHSVMSML	FYTLITAFLLI	GVQAEPYTDS	NVPEGDSVPE	AHWTKLQHSL	DTALRRARSA	120
PTAPIAARVT	GQTRNITVDP	RLFKKRRLHS	PRVLFSTQPP	PTSSDTLDDL	FQAHGTIPFN	180
RTHRSKRSST	HPVFHMGFEFS	VCDSVSVWVG	DKTTATDIKG	KEVTVLAEVN	INNSVFRQYF	240
FETKCRASNP	VESGCRGIDS	KHWNSYCTTT	HTFVKALTTD	EKQAARFIR	IDTACVCVLS	300
RKATRRG						307

### Kader 10. Aminozuurketen van *Nerve Growth Factor*

Wanneer deze keten van aminozuren afgelezen wordt dan vouwt het eiwit zich 'vanzelf' op (door aantrekking van onderlinge aminozuren en geholpen door andere eiwitten). Het resultaat is een drie dimensionale molecuul zoals afgebeeld hieronder. Het linker en rechter exemplaar zijn niet geheel gelijk. Door de twee afbeeldingen over elkaar heen te laten vallen (dat kan door wat scheel te kijken of door naar het oneindige te kijken, door de bladzijde heen), wordt een drie dimensionale afbeelding in onze hersenen geproduceerd.



**Kader 11. Het opgevouwe eiwit *Nerve Growth Factor***

Medische wetenschappen: succes en beperking. Infectieziekten en antibiotica; resistente bacteriën. Immuun systeem. Systeem ziektes en beperkte beïnvloedbaarheid van systeemparemeters (chemische beïnvloeding om hartritme storingen te verhelpen). Technieken voor het maken van afbeeldingen van organen, waaronder werkende hersens. Uitdagingen: de resistente bacteriën en aids in toom houden, om er maar een paar te noemen. Aan de andere kant zullen er altijd ongeneeslijke ziektes zijn, we moeten niet de illusie hebben het elixir voor de eeuwige jeugd te kunnen vinden. Andere uitdaging: toepassingen van de kennis van het menselijke genoom, dat over een paar jaar volledig in kaart gebracht zal zijn.

Psychologie/psychiatrie: psychopathologie. Overzicht van de meest voorkomende emotionele en cognitieve storingen. Werking en bijwerking van een aantal psychofarmaca. Intake procedures. Succes en beperkingen van psychotherapie. Uitdaging: het begrijpen van de werking en het falen van



de hersenen (het door Evarts genoemde probleem); ontwikkeling van zeer specifieke psychofarmaca met minimale bijwerkingen.

Ook al zijn de details nog wat vaag en is dit een eerste aanzet, hopelijk is mijn bedoeling duidelijk. Nadat onze universiteit tijdens het afgelopen lustrum een fraaie reeks boeken heeft uitgegeven, zou men nu kunnen denken aan het uitgeven van een leerboek. Hierin kan in een stuk of vijftig hoofdstukken de nieuwe algemene ontwikkeling uiteengezet worden, met opgaven en al. Per onderwerp denk ik aan maximaal 15 pagina's. Dit boek kan dan bij het voorgestelde college gebruikt worden en zou als titel kunnen krijgen: 'Overleven na 2000'. Het zou overigens ook op het voortgezet onderwijs gebruikt kunnen worden door die leerlingen die eraan toe zijn. Zo moet het althans geschreven worden.

Ik hoop dat u de nieuwe algemene ontwikkeling kunt zien als een oplossing voor de in het begin geschetste problemen. Het lijkt misschien de zaak op zijn kop zetten: het probleem van teveel informatie wil ik aanpakken door nog meer informatie rond te strooien. Maar als dit op de juiste manier gebeurt, dan hoop ik evenwel dat het uiteindelijk leidt tot een gebalanceerde visie op de wereld, zonder daarbij de ogen te hoeven sluiten.

In het begin was ik te negatief over de mogelijkheid voor een individu om een wetenschappelijke bijdrage te leveren. Maar dat kan best. Men moet dan echter niet vanuit alle mogelijk kennis denken (dat werkt wellicht deprimerend), maar vanuit één onderwerp, waar wel alle relevante details bij meegenomen moeten worden. Het is verder belangrijk om door een concreet probleem gegrepen te worden. Op die gedrevenheid doelde Darwin toen hij de bijbelse uitspraak "Het is gemakkelijker voor een kameel om door het oog van een naald te kruipen, dan voor een rijk man om in de hemel te komen" veranderde in "Het is gemakkelijker voor een kameel om door het oog van een naald te kruipen, dan voor een wetenschappelijk man om door een open deur te lopen". En laten we hier snel de wetenschappelijke vrouwen aan toevoegen. Rita Levi-Montalcini (die tot haar emeritaat werkte op de universiteit van het Vaticaan) ontdekte in 1961 het reeds eerder genoemde eiwit *Nerve Growth Factor*, zonder welke er niemand in staat zou zijn door een open deur te lopen. In 1986 krijg zij hiervoor de Nobelprijs voor de fysiologie en geneeskunde.

Misschien moet ik terug nemen wat ik in het begin heb gezegd: dat de nieuwe bagage verplicht gesteld moet worden. Je zou ook kunnen denken aan een wekelijks college tussen de avond, waarbij men mag komen zonder punten te verdienen en waarbij de docenten voor hun plezier doceren. Wel wordt er dan aan de studenten gevraagd uit zichzelf een actieve rol te spelen. Maar ik denk dat we optimistisch kunnen zijn en mogen stellen dat de tijd rijp begint te worden. Een decennium geleden was er in Nederland nog een anti-elitaire houding. En presteren werd gezien als met de elite meelopen. Maar die houding is langzamerhand voorbij. Als je als het begrip 'elite' definieert als de verzameling van die

mensen, die hun neus ophalen voor sommige anderen, dan is zo'n anti houding te rechtvaardigen. Want dat zijn dan niet erg aardige mensen. (Trouwens, ze hebben zichzelf ermee, want ze zullen weinig vrienden krijgen; wellicht een aantal soortgenoten, maar die zijn net zo beperkt als zijzelf.) Maar er is ook een andere definitie van het begrip elite. Volgens die betekenis bestaat deze groep uit die mensen, die het ervoor over hebben om zich ergens op toe te leggen. Echte studenten dus. Tegenwoordig worden er prijzen voor de beste studenten van Nederland uitgelooft. (Dit jaar was de beste student een dochter van een van onze Nijmeegse docenten.) Elite zijn begint hopelijk weer in te raken. Niet alleen op academische onderwerpen is het de moeite waard zich toe te leggen. Ook bij kunsten, ambachten, tuinieren of het opvoeden van kinderen kan men dat met vrucht doen. De beloning zal in alle gevallen zijn een meer bevredigend leven. Voor wie het maar wil.

Met dank aan: Peter Bloemers, Jan Kuijpers, Cees Hilbers, Piet Hut, Dick van Leijenhorst, Mark Ruys en Freek Wiedijk.