



41

Vitaliteit en kritische massa

Strategie voor de natuur- en technische wetenschappen

augustus 1999

Javastraat 42
2585 AP Den Haag
tel 070 - 363 9922
fax 070 - 360 8992
e-mail: secretariaat@AWT.nl
<http://www.awt.nl/>

Inhoud

Samenvatting	5
Inleiding	9
1. Onderwijs	11
1.1 Ontwikkeling studentenaantallen	12
1.2 Afstemming instroom en opleidingscapaciteit	24
1.3 Conclusie	31
2. Onderzoek	35
2.1 Behoeftte aan β -onderzoek gerelateerd aan het onderwijs	35
2.2 Maatschappelijke behoefte aan β -onderzoek	38
2.3 Conclusie	43
3. Aanbevelingen	45
3.1 Toekomstig aantal zelfstandige opleidingslocaties	45
3.2 Varianten voor concentratie	47
3.3 Routes die tot concentratie leiden	49
3.4 Reorganisatiebudget	51
Bijlage 1 Adviesaanvraag	53
Bijlage 2 Internationale vergelijking van onderwijsdeelname	55

De minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen heeft de AWT om advies gevraagd over een te voeren strategie ten aanzien van het natuurwetenschappelijke en het technische onderwijs en onderzoek aan de Nederlandse universiteiten; zie bijlage 1.

Ontwikkeling studentenaantallen

Doorgaans wordt in sombere termen over de toekomst van het geheel van deze vakgebieden gesproken, waarbij wordt gewezen op het afnemende aantal studenten in deze – hierna als β aan te duiden – vakgebieden. In andere landen zou de belangstelling veel groter zijn.

In beide stellingnamen is er sprake van vooroordelen die aanwijsbaar genuanceerd kunnen worden.

De afgelopen dertig jaar is de belangstelling voor β -studies niet gedaald; zowel bij de mannen als bij de vrouwen is het percentage studenten dat voor een β -opleiding kiest al decennia lang opmerkelijk constant. De belangstelling voor een β -opleiding is bij de vrouwen wel substantieel lager dan bij de mannen. Aangezien het wetenschappelijk onderwijs de afgelopen 25 jaar hoofdzakelijk is gegroeid vanwege de grotere toeloop van vrouwen, is het relatieve aandeel van de β -opleidingen in het totaal van opleidingen gedaald. In absolute zin is het aantal β -studenten tot het begin van de jaren negentig toegenomen. De daling die sindsdien is opgetreden, vloeit voort uit demografische ontwikkelingen; het aantal achttienjarigen is in minder dan tien jaar tijd met een kwart gedaald.

Vergeleken met andere landen neemt Nederland een middenpositie in wat betreft de belangstelling voor β -studies.

Dit neemt niet weg dat zich binnen het β -domein een aantal zorgelijke ontwikkelingen voordoen.

Binnen het β -domein zijn de afgelopen decennia grote verschuivingen opgetreden. In de jaren tachtig is het relatieve aandeel van de instroom naar de technische wetenschappen gegroeid ten koste van de natuurwetenschappelijke opleidingen. In de jaren negentig is binnen de natuurwetenschappen een verschuiving opgetreden van de exacte wetenschappen naar de levenswetenschappen. Daarnaast zijn er nieuwe opleidingen ingericht, zoals de informatica. Deze veranderingen in de studiekeuze sluit aan bij de behoeften vanuit de arbeidsmarkt.

Al deze ontwikkelingen samen hebben wel geleid tot een daling van de instroom bij met name de wiskunde, natuurkunde en scheikunde bij de zes algemene universiteiten, en in mindere mate bij de technische universiteiten. Deze ontwikkeling is, zeker als die doorzet, zorgelijk. Enerzijds is deze teruggang verontrustend voor de continuïteit van de industrie, anderzijds leidt het tot inefficiënties in de betrokken opleidingen. De Raad verwacht geen spectaculaire effecten van grootscheepse inspanningen van de overheid om de verschuivende belangstelling te keren; daarvoor zijn de onderliggende verande-

ringen te structureel van aard. Hij pleit voor verbreding van de opleidingen zodat die beter aansluiten bij de behoeften van de arbeidsmarkt en de aantrekkingskracht op studenten vergroten. Daarnaast moet zijns inziens ook de β -component in de α - en γ -opleidingen worden versterkt.

Op enkele terreinen is de situatie echter zo zorgelijk dat specifieke aandacht nodig is. Dat geldt met name voor de lage instroom voor de wiskunde. In veel wetenschapsgebieden neemt het belang van de wiskunde als ondersteunende discipline toe. Daarvoor zijn binnen allerlei disciplines mensen nodig met een wiskundige scholing terwijl binnen de wiskunde zelf een steeds breder toepassingsgebied bestreken moet worden. Er is verder een nijpend en maatschappelijk niet te accepteren tekort aan leraren in de exacte vakken.

Concentratie

Vanuit onderwijs oogpunt acht de Raad het ongewenst om voor de wiskunde, fysica en chemie complete, eigenstandige opleidingen aan alle algemene universiteiten te handhaven. Het is een inefficiënte benutting van middelen. De huidige situatie is ook niet effectief; er is gemiddeld per universiteit een te gering potentieel om ruimte te scheppen voor vernieuwingen in het onderwijs.

Een concentratie, of op zijn minst een bestuurlijke centralisatie, is ook gewenst voor het onderzoek. Over het geheel genomen is de kwaliteit van het onderzoek zeker goed te noemen, maar als totaal is het systeem te kwetsbaar om de hoge kwaliteit in de toekomst vast te kunnen houden. Door de versnippering is er onvoldoende mogelijkheid om nieuwe ontwikkelingen adequaat op te pakken en is de internationale zichtbaarheid te gering.

De Raad concludeert derhalve dat de huidige verkaveling over zes algemene en drie technische universiteiten een majeure verandering vereist, gericht op een centralisatie en concentratie van de bestaande onderwijs- en onderzoekscapaciteit. De Raad hanteert als richtsnoer tenminste een halvering van het aantal zelfstandige β -opleidingen bij de algemene universiteiten. De inrichting van de capaciteit zou in samenhang met de drie technische universiteiten en de landbouwuniversiteit uitgewerkt moeten worden. Ook het onderzoek bij de para-universitaire instituten moet in beschouwing worden genomen. Als ijkpunt kan de ETH-Zürich worden genomen; een universiteit in een klein land, die het gehele terrein van de technische en natuurwetenschappen bestrijkt en mede als gevolg van de geconcentreerde inzet van de Zwitserse onderzoeksmiddelen tot de top van de mondiale wetenschap behoort.

De conclusie *dat* een rigoureuze concentratie nodig is, wordt gevolgd door de vraag *hoe* die concentratie bereikt kan worden. De Raad adviseert de Minister om de *dat-conclusie* over te nemen en de *hoe-vraag* in eerste instantie bij de universiteiten neer te leggen. Die terugkoppeling naar de universiteiten is mede van belang omdat verschillende universiteiten al besprekingen voeren over onderlinge uitwisseling en toelevering, in samenhang met het belang van β -vakken voor andere opleidingen. Doordat dit proces nu vooral door lokale overwegingen wordt aangestuurd, zal het totaal tot minder concentratie leiden dan vanuit nationale optiek nodig is. De lat moet hoger worden gelegd. Om de universiteiten tot een hogere sprong aan te zetten, zou de Minister de

universiteiten moeten verzoeken om met een voorstel te komen dat leidt tot een effectieve en efficiënte concentratie van het β -onderwijs en -onderzoek. Eerst als langs deze weg het gewenste doel niet bereikbaar blijkt, zou de Minister met maatregelen van bovenaf moeten ingrijpen. Voorstellen die tot het beoogde doel leiden, vereisen een reorganisatiebudget teneinde de veranderingen met de noodzakelijke snelheid te kunnen realiseren.

De minister van OCenW heeft de Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT) advies gevraagd over een te voeren strategie voor de toekomstige inrichting van het onderwijs en het onderzoek op het gebied van de technische en natuurwetenschappen.¹ In dit advies zal de Raad deze gebieden samen als β -disciplines aanduiden; gelet op de strekking van de adviesaanvraag ligt de nadruk bij het universitaire deel van het β -domein.²

Als belangrijke aanleiding voor de adviesaanvraag noemt de Minister het rapport van de commissie-Verruijt.³ Dit rapport luidt de alarmklok over de lage instroom van studenten naar de universitaire β -opleidingen. De commissie wijst daarin op een achterstand in β -belangstelling van ons land ten opzichte van het buitenland. Om de instroom te vergroten, pleit de commissie onder andere voor betere voorlichting en voor een aanpassing van de studiefinanciering. Gegeven de lage instroom wordt de mogelijkheid genoemd van concentratie; enerzijds door bestaande opleidingen binnen één universiteit te clusteren, anderzijds via allianties van studierichtingen, die op meerdere universiteiten bestaan, tot profilering van onderwijs en onderzoek te komen. Daarnaast pleit de commissie voor een vijfjarig curriculum en voor een betere aansluiting van de opleiding op de maatschappelijke behoefte; in het commissierapport neemt de analyse van de behoefte evenwel geen eigen plaats in.

De Raad beziet de vraag van de Minister zowel vanuit het oogpunt van het onderwijs als vanuit het onderzoek. Hoofdstuk 1 gaat over de onderwijsaspecten. Het accent ligt daar op de ontwikkeling in studentenaantallen in relatie tot de opleidingscapaciteit. In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op de onderzoeksaspecten. Het accent ligt daar op de vraag of het universitaire onderzoekssysteem goed is toegerust om in te spelen op de veranderingen in de kennisbehoefte. In hoofdstuk 3 formuleert de Raad aanbevelingen om de in de hoofdstukken 1 en 2 geschetste problemen op te lossen.

¹ Zie bijlage 1 voor de tekst van de adviesaanvraag.

² In dit advies gebruikt de Raad de aanduiding bbb voor de disciplines die in Nederland vallen binnen de HOOP-gebieden Natuur en Techniek. Grosso modo gaat het bij Natuur om de wis kunde, informatica en natuurwetenschappen van de algemene universiteiten en bij Techniek om de ingenieursopleidingen van de Technische Universiteiten.

³ *Wetenschap en Techniek. Welvaart en Welzijn*, Commissie Toekomst Natuur- en Technische Wetenschappen, KNAW. Amsterdam, mei 1997.

Discussies over het natuurwetenschappelijk en technisch onderwijs en onderzoek staan veelal in het teken van tekorten. Er circuleren alarmerende geluiden: zowel vanuit internationaal als historisch perspectief zou er sprake zijn van een dramatisch lage instroom van studenten naar β -opleidingen. Dit beeld is zeer kernachtig verwoord in het reeds genoemde rapport-Verruijt: *In Duitsland, bijvoorbeeld, studeert een op de vijf studenten een technische wetenschap, in Nederland is dat slechts een op de zestien. Dit afwijkende patroon is op zichzelf al verontwaardigend, maar de grootste zorg is dat het verschil met andere landen niet wordt ingelopen. Integendeel, het aantal studenten is in Nederland de laatste decennia sterk gestegen maar deze groei is in de β -sector achtergebleven.*

Om na te gaan of en hoe Nederland zou kunnen leren van andere landen die kennelijk een betere voedingsbodem voor β -studies bieden, is de Raad nader ingegaan op de situatie in het buitenland. Daarbij komt hij tot de conclusie dat de verschillen niet extreem zijn; vergeleken met andere landen is Nederland een middenmoter wat betreft het percentage β -studenten. Vergeleken met eerdere decennia is de belangstelling voor het totaal van de β -studies niet veel veranderd, althans niet als wordt gecorrigeerd naar verschillen in studiekeuze tussen mannen en vrouwen en indien rekening wordt gehouden met de demografische ontwikkelingen. In dit hoofdstuk zal de Raad beide conclusies nader onderbouwen.

Het feit dat de totale instroom naar β -studies niet sterk is veranderd, betekent niet dat *binnen* het β -domein geen opvallende veranderingen zijn opgetreden. De afgelopen decennia hebben zich opmerkelijke verschuivingen voorgedaan. In de jaren tachtig trad een verschuiving op van de natuurwetenschappelijke naar de technische opleidingen en in de jaren negentig is binnen de natuurwetenschappen een verschuiving opgetreden van de exacte vakken naar de levenswetenschappen. Verder is de inrichting van nieuwe studierichtingen, zoals de informatica, ten koste gegaan van de instroom naar de bestaande opleidingen. Deze verschuivingen hebben met name voor de wiskunde, fysica en chemie een cumulatief effect gehad, met als gevolg dat de totale instroom naar deze vakgebieden nu aanmerkelijk lager is dan vroeger. Per opleidingslocatie is de instroom van studenten sterk verminderd in vergelijking met enkele decennia geleden. Dat geldt in het bijzonder voor de opleidingen die de zes algemene universiteiten op deze vakgebieden verzorgen; vergeleken met de jaren zeventig is de gemiddelde instroom bij die universiteiten voor de exacte richtingen – fysica, chemie, wiskunde en informatica – gehalveerd.

Het opleidingsaanbod bij de universiteiten heeft de genoemde verschuivingen niet of nauwelijks gevolgd; het huidige aanbod aan opleidingen is nog sterk geënt op de opleidingsvraag van enkele decennia geleden. De Raad acht het de hoogste tijd om het aanbod aan onderwijs af te stemmen op de veran-

derde omstandigheden. In de twee navolgende paragrafen zal hij deze stellingname nader toelichten.

1.1 Ontwikkeling Studentenaantallen

Het is een wijdverspreid beeld dat het aantal β -studenten in Nederland daalt en dat ons land daarbij in negatieve zin afwijkt van het buitenland. De Raad gaat eerst kort in op de vergelijking met het buitenland om vervolgens uitgebreider stil te staan bij de historische veranderingen in eigen land.

1.1.1 Internationale vergelijking

Nederland niet achter op Duitsland wat betreft aantal studenten techniek

De commissie-Verruijt becijfert dat in Duitsland naar verhouding driemaal zoveel studenten in het hoger onderwijs voor een technische opleiding kiezen als in Nederland; 1:5 resp 1:16. Deze typering is ontleend aan een publicatie van het CBS⁴, waarin voor Nederland het totale hoger onderwijs wordt beschouwd, dus zowel het WO als het HBO. Deze CBS-cijfers stroken niet met de feitelijke situatie. Aan de Nederlandse universiteiten volgt ruim 14% van de studenten een technische opleiding; ofwel één op zeven. In het HBO is het aandeel van de techniek groter; daar studeert één op de vijf studenten techniek. Tellen we het HBO en WO samen, dan staat in Nederland ongeveer 18% van de studenten bij een technische opleiding ingeschreven, hetgeen niet veel verschilt met de Duitse score van 1:5.

in vergelijking met andere landen kent Nederland veel technische en minder natuurwetenschappelijke studenten

De door de commissie-Verruijt en het CBS genoemde percentages blijken te zijn ontleend aan cijfers van de UNESCO. De Raad constateert dat in die cijfers het technisch gedeelte van het HBO niet bij techniek is ondergebracht; in de teller komt bij techniek alleen het WO-gedeelte voor terwijl het totale WO en HBO in de noemer staan. Aangezien het HBO ongeveer tweemaal zoveel studenten techniek heeft als het WO wordt voor Nederland tweederde van de techniekstudenten in het hoger onderwijs niet meegeteld. Daarmee is het verschil van een factor drie met Duitsland verklaard. In bijlage 2 gaat de Raad nader in op vergelijkingen met andere landen. Daarbij komt hij tot de con-

⁴ *Kennis en Economie 1996*, CBS. Heerlen, Voorburg, 1996.

clusie dat de percentages techniekstudenten binnen de Nederlandse en Duitse universiteiten nagenoeg gelijk zijn. De natuurwetenschappelijke opleidingen in Duitsland trekken bijna de helft meer studenten dan in Nederland.⁵ In vergelijking met andere Europese landen lijken de Nederlandse studenten gemiddeld meer voor techniek te kiezen en minder voor natuurwetenschappelijke opleidingen. Voor het totaal betekent dit dat Nederland gemiddeld scoort wat betreft het percentage universitaire studenten dat een β -opleiding volgt.

1.1.2 Historische vergelijking

Gelet op de strekking van de adviesaanvraag richt de Raad zich vooral op het WO. De ontwikkeling van het aantal universitaire β -studenten moet worden beschouwd tegen de achtergrond van het totale aantal studenten in het WO.

Ontwikkeling van het aantal β -studenten in het WO

Afbeelding 1 laat zien dat de studentenpopulatie na de oorlog sterk is gestegen. Die stijging duurde tot het eind van de jaren tachtig. In het begin van de jaren negentig trad een daling op die hoofdzakelijk door demografische ontwikkelingen is bepaald.

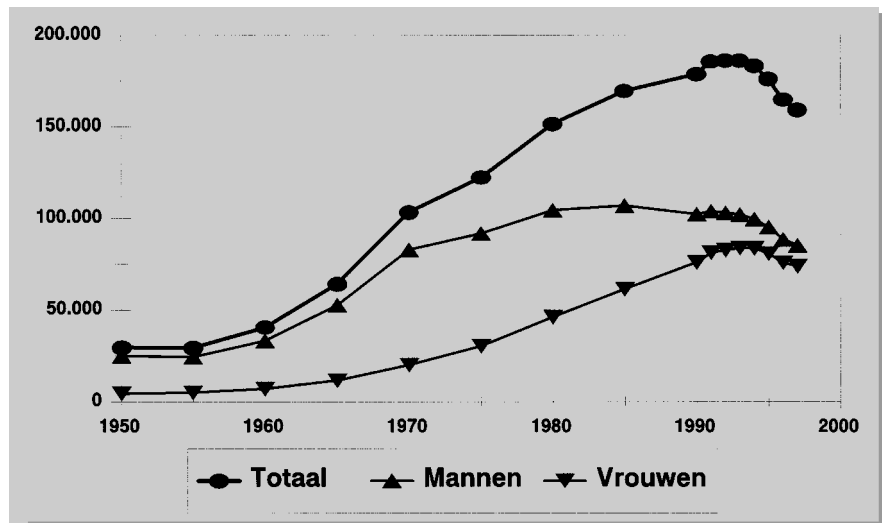
De ontwikkeling in de studentenpopulatie vormt de som van de ontwikkeling bij mannen en die bij vrouwen. Afbeelding 1 laat zien dat het aantal mannelijke studenten sinds 1970 min of meer stabiel is. De groei van de studentenpopulatie is sindsdien vrijwel volledig te danken aan de toegenomen participatie van vrouwen; daar is het verzadigingspunt omstreeks 1990 opgetreden, ongeveer twintig jaar later dan bij de mannen.

De beide seksen vertonen een duidelijk verschil in studiekeuze. Vrouwen kiezen in het wetenschappelijk onderwijs minder voor β -opleidingen dan mannen: resp. 13% en 34%; deze percentages zijn al jaren constant met een bandbreedte van ongeveer 1%. Het gevolg van deze verschillen in voorkeur is dat met de stijging van het aantal vrouwelijke studenten het β -aandeel in de totale studentenpopulatie is gedaald. Het gaat dus om een relatieve daling voor de β -opleidingen; in absolute zin steeg het aantal β -studenten tot 1985 en bleef daarna enkele jaren stabiel. Omstreeks 1990 trad een daling op die voortvloeit uit het feit dat tussen het eind van de jaren tachtig en het midden van de jaren negentig het aantal achttienjarigen met ruim een kwart is gedaald, zoals afbeelding 2 laat zien.

interesse van studenten
voor β afgelopen
decennia niet gedaald

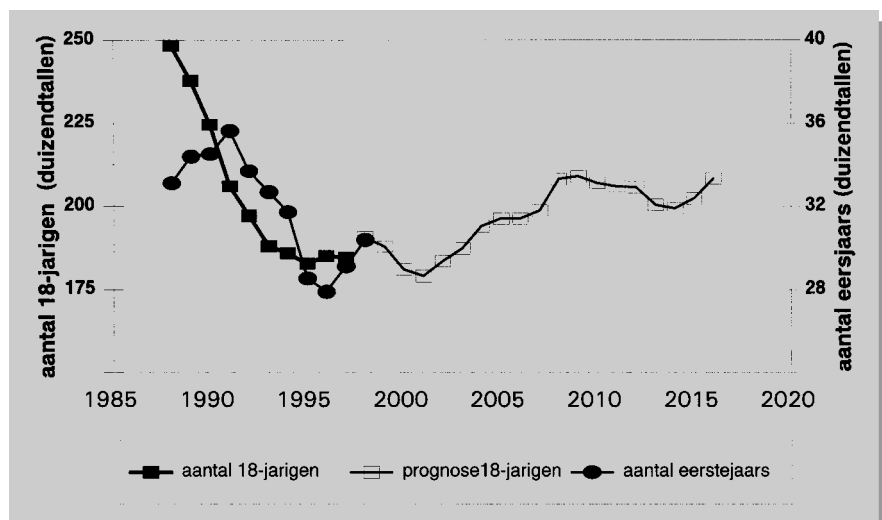
⁵ Voor een goede vergelijking moeten overeenkomstige pakketten opleidingen worden beschouwd. Om Duitsland met Nederland te kunnen vergelijken, moet in beide landen landbouw bij techniek worden geteld en moet technische bestuurskunde buiten beschouwing blijven. Duitse statistieken maken geen onderscheid tussen technische en niet-technische opleidingen in de exacte vakken, zodat het onderwijs op het gebied van de wiskunde, fysica en chemie van de TU's moet worden ingedeeld bij Natuur en niet bij Techniek. Die indeling volgend, kiest in Nederland 12% en in Duitsland 13% van de studenten een technische opleiding. Voor de natuurwetenschappelijke opleidingen telt Nederland 12% van de studenten en Duitsland 17%. Zie verder bijlage 2.

Afbeelding 1: aantal WO-studenten naar geslacht



Bron: CBS. Tot 1990: *het onderwijs vanaf 1950*, CBS, Den Haag, 1992.
 Vanaf 1990: *Jaarboek Onderwijs 1998*, CBS, Voorburg/Heerlen, september 1998.

Afbeelding 2: aantal 18-jarigen en aantal eerstejaars



Bron: NIDI (aantal 18-jarigen) en CBS (aantal eerstejaars).
 De laatste 10 jaar is het aantal 18-jarigen ongeveer 5% hoger dan het aantal kinderen dat 18 jaar daarvoor levend ter wereld kwam. Bij de prognose van het aantal 18-jarigen is uitgegaan van een gelijkblijvend immigratie-overschot.

Momenteel neemt het aantal 18-jarigen weer toe, hetgeen de recente stijging in het aantal β -studenten verklaart.

Dat vrouwen veel minder belangstelling voor β -opleidingen hebben dan mannen is geen typisch Nederlands verschijnsel. Binnen Noordwest-Europa en de Angelsaksische landen volgen tweemaal zoveel mannen als vrouwen een natuurwetenschappelijke opleiding terwijl in de techniek het aantal mannelijke studenten ongeveer vijfmaal zo groot is als het aantal vrouwen. Deze cijfers verschillen niet veel van de Nederlandse situatie, zoals in bijlage 2 nader wordt toegelicht.

De Raad concludeert dat de ontwikkeling van het aantal β -studenten de afgelopen decennia weinig van doen heeft met een verandering in opleidingskeuzes. Los van algemene demografische ontwikkelingen zijn de veranderingen volledig te verklaren uit de toename van vrouwelijke studenten. Vrouwen kiezen minder voor β -studies dan mannen; voor beide seksen is de β -voorkeur al enkele decennia opmerkelijk stabiel.

relatieve daling van β vanwege toename vrouwelijke studenten

Ontwikkeling naar deelgebied

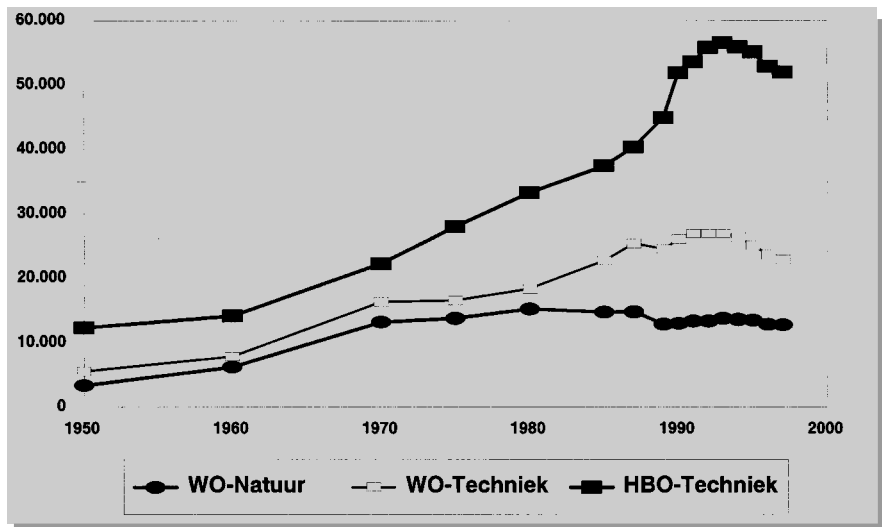
Uit de internationale vergelijking komt naar voren dat de Nederlandse β -student naar verhouding vaak voor een technische opleiding kiest. Ook in vergelijking met enkele decennia geleden is de huidige belangstelling van de Nederlandse β -student relatief sterk op de techniek gericht. Anders gezegd, er is een substantiële verandering opgetreden in de studiekeuze van de universitaire β -studenten. De laatste dertig jaar is het aantal β -studenten bij de algemene universiteiten (AU's) opmerkelijk constant, hetgeen betekent dat de groei die het β -domein in absolute zin heeft doorgemaakt volledig bij de technische universiteiten (TU's) terecht is gekomen.⁶ Deze relatieve verschuiving ten gunste van de techniek manifesteerde zich zowel bij de mannen als bij de vrouwen. Bij de mannelijke β -studenten steeg het aandeel van de TU's sinds 1980 van 60 naar 70%. Bij de vrouwen was de stijging nog veel sterker; van 20 naar 50%.

verschuiving binnen β van 'natuur' naar 'techniek'

De relatieve verschuiving van Natuur naar Techniek wordt nog pregnanter als het HBO in de beschouwing wordt meegenomen. Het HBO kende tot het midden van de jaren tachtig een groei die gelijk opging met die van het WO. Vanaf het moment dat de groei van het WO teneinde is, heeft de groei bij het technisch HBO zich versneld, zoals afbeelding 3 laat zien.

⁶ Sinds 1975 bedraagt de totale instroom naar bbb-opleidingen aan de algemene universiteiten gemiddeld 2550 eerstejaars met een bandbreedte van slechts 200 studenten. In 1975 lag het aantal eerstejaars bij de technische richtingen iets boven het aantal bbb-studenten bij de AU's; 2882 tegenover 2603. Vanaf dat moment treedt een sterke stijging op bij de TU's met als hoogtepunt 5571 eerstejaars in 1989; bijna een verdubbeling ten opzichte van 1975. Daarna is er sprake van een daling naar bijna 4000 eerstejaars in 1996; een afname die nagenoeg overeenkomt met de daling van het aantal 18-jarigen. Sinds 1996 is het aantal eerstejaars Techniek licht gestegen tot bijna 4500 eerstejaars in 1998 hetgeen eveneens correspondeert met de groei van het aantal 18-jarigen.

Afbeelding 3: studenten Natuur & Techniek; WO & HBO



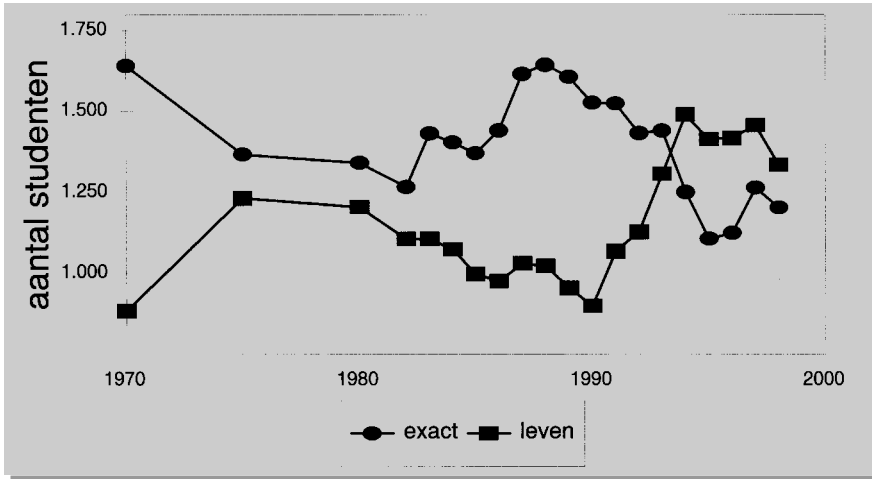
bron: CBS.

verschuiving binnen
'natuur' van 'exact'
naar 'leven'

Het β -domein bij de AU's - ofwel het HOOP-gebied Natuur - is te verdelen in drie categorieën: de exacte wetenschappen (wiskunde, informatica, fysica en chemie), de levenswetenschappen (biologie, farmacie) en de overige richtingen (o.a. aardwetenschappen). De hiervoor gesignaleerde constante toestroom naar de algemene universiteiten blijkt samengesteld te zijn uit een groep van groeiers en krimpers. Binnen de AU's is in de jaren negentig sprake van krimp bij de exacte richtingen en groei bij de levenswetenschappen. Die krimp en groei komt scherp naar voren bij het aantal eerstejaars⁷; in 1990 telden de AU's tweemaal zoveel eerstejaars voor opleidingen op het gebied van de exacte wetenschappen als voor de levenswetenschappelijke opleidingen, terwijl in 1998 de instroom voor beide groepen ongeveer gelijk was. Zie verder afbeelding 4.

⁷ De cijfers over eerstejaars hebben in dit advies steeds betrekking op de december-tellingen van het CBS voor de categorie "1e-jaars-studenten WO-Nederland". Aangezien recente publicaties ontbreken, zijn de cijfers in dit advies ontleend aan de archieven van het CBS. De laatste publicatie met gedetailleerde cijfers over de onderwijsdeelname dateert uit 1995: *Hoger Onderwijs in Cijfers 1995, detailtabellen*, ministerie van OCenW. Sindsdien publiceert de VSNU cijfers over de deelname aan onderwijs, maar dat is beperkt tot de grofmazige indeling in HOOP-gebieden.

Afbeelding 4: verdeling 1e-jaars bèta's binnen AU's exacte en levenswetenschappen.



bron: CBS.

Exact omvat wiskunde, informatica, fysica, sterrenkunde en chemie.

Leven omvat farmacie en biologie.

De verschuiving van Natuur naar Techniek gedurende de jaren tachtig en de verschuiving in de jaren negentig binnen de natuurwetenschappen van Exact naar Leven hebben met elkaar gemeen dat ze hebben geleid tot een daling van de totale instroom bij de exacte opleidingen van de AU's, te weten de wiskunde, fysica, chemie en informatica. Van deze richtingen heeft de informatica een groei doorgemaakt, hetgeen betekent dat bij de drie eerstgenoemde disciplines de instroom van studenten sterker is gedaald.

resultaat: sterke daling instroom 'exact'

Voorbeelden van verschuivende β -instroom

De in de hoofdtekst vermelde verschuivingen binnen het β -domein worden goed geïllustreerd door verschuivingen tussen een aantal verwante opleidingen.

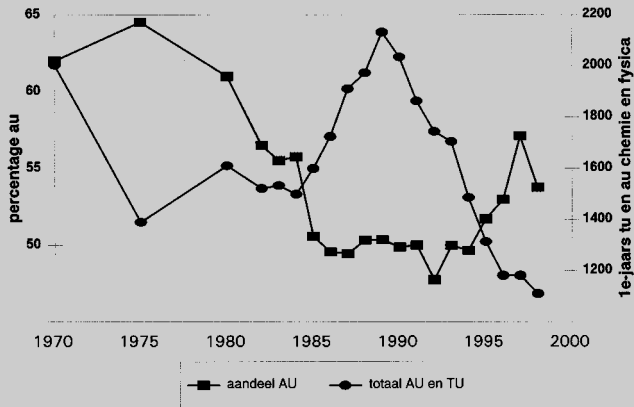
De verschuiving van Natuur naar Techniek gedurende de jaren tachtig treedt pregnant naar voren bij de fysica en de chemie, studies die zowel door de algemene als de technische universiteiten worden verzorgd. Het aandeel van de AU's is in de jaren tachtig sterk gedaald, zoals afbeelding 5 laat zien. Tot omstreeks 1980 koos bijna tweederde van de studenten fysica en chemie voor een algemene universiteit terwijl dat aandeel aan het begin van de jaren negentig tot ongeveer de helft is gedaald. In de jaren negentig steeg het aandeel van de AU's bij de fysica en chemie weer. Die relatieve groei leidde echter niet tot een toename in absolute zin doordat het totale aantal eerstejaars aan de TU's en AU's voor de chemie en fysica in de jaren negentig sterk daalde. De daling houdt verband met de groei van de informatica en de levenswetenschappen.

De verschuiving van de exacte naar de levenswetenschappen gedurende de jaren negentig vloeit mede voort uit de opkomst van de medische biologie. Dat de verschuiving verder gaat dan de aantrekkingskracht van een nieuwe opleiding kan worden afgeleid uit de verdeling van het aantal studenten in twee verwante vakgebieden binnen de algemene universiteiten; de chemie (exact) en de farmacie (leven). Gemiddeld trokken deze opleidingen de laatste vijftien jaar samen ongeveer 740 eerstejaars. Tot het begin van de jaren negentig kozen driemaal zoveel studenten voor de chemie als voor de farmacie terwijl er nu bij farmacie meer eerstejaars zijn dan bij de chemie, zoals uit afbeelding 6 valt af te lezen.

Binnen de exacte wetenschappen heeft een verschuiving plaatsgevonden ten gunste van de informatica. De totale instroom bij de algemene universiteiten voor de opleidingen op het gebied van de wiskunde, fysica en informatica ligt de laatste twee decennia meestal rond de 900 eerstejaars. Uit afbeelding 7 blijkt dat er uitschieters naar boven en beneden zijn. Het meest opvallende is echter de onderlinge verschuiving tussen deze studierichtingen; het aandeel van de informatica is gestaag gegroeid van 30% in 1982 naar bijna 60% in 1998.

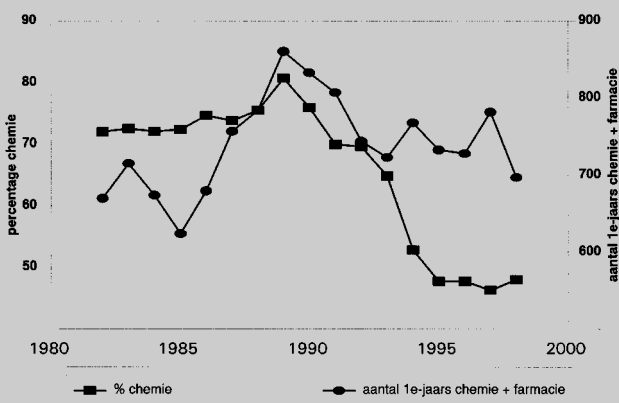
Er zijn binnen het β -domein meer richtingen die kampen met een dalende instroom, maar die dalingen zijn veelal terug te voeren op demografische factoren. Dat geldt bijvoorbeeld in grote lijnen voor de totale instroom bij de technische wetenschappen. Voor sommige gebieden is de instroom sterker gedaald, zoals bij de werktuigbouw en de elektrotechniek waar gedurende de jaren negentig het aantal eerstejaars met ongeveer 40% terugliep, aanmerkelijk meer dan op grond van demografische ontwikkelingen verwacht zou mogen worden. Voor de lucht- en ruimtevaart en voor industrieel ontwerpen is de instroom in die periode niet of nauwelijks gedaald. Tellen we de vier genoemde technische richtingen samen, dan spoort de totale daling met de demografische ontwikkelingen

Afbeelding 5: eerstejaars fysica en chemie
(verdeling tussen TU en AU)



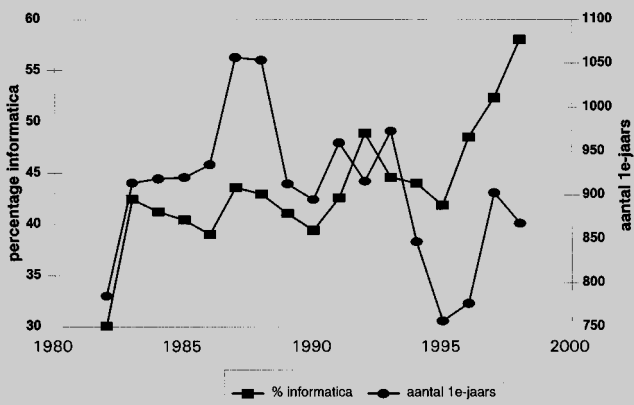
bron: CBS

Afbeelding 6: eerstejaars farmacie en chemie
(verdeling van eerstejaars binnen AU)



bron: CBS

Afbeelding 7: wiskunde, informatica en fysica
verdeling van eerstejaars binnen AU



bron: CBS

5-jarige studie geen
garantie grotere instroom

De groei van de TU's ten koste van de AU's valt moeilijk te verklaren uit verschillen in opleidingsduur en studiefinanciering. Als er al een correlatie bestaat, is die negatief. Zo was de groei van de technische fysica en chemie ten koste van de fysica en chemie bij de AU's het sterkst in de periode tussen de invoering van de tweefasenstructuur en de invoering van de tempobeurs en de vijfjarige opleidingen bij de TU's. Sinds de invoering van die vijfjarige studies hebben de TU's een deel van hun relatieve voorsprong prijsgegeven. In dit licht bezien valt niet te verwachten dat de verschuivingen worden tegengegaan met de invoering van vijfjarige β -opleidingen bij de AU's.

Gevolgen daling studenten bij exacte wetenschappen

er zijn veel opleidingen
voor weinig studenten

De verschuivingen binnen het β -domein hebben, zoals hiervoor uiteengezet, geleid tot een dalende instroom bij de exacte wetenschappen t.w. chemie, fysica en wiskunde. Deze daling leidt bij een gelijkblijvend aantal opleidingen tot een verdunning van de instroom per opleidingslocatie. Die verdunning wordt versterkt doordat de instroom thans over meer opleidingen wordt verdeeld dan twintig jaar geleden.⁸ De gemiddelde instroom per opleidingslocatie is ook laag in vergelijking met de technische varianten van deze opleidingen. De technische en algemene universiteiten trekken voor de fysica en de chemie de laatste jaren ongeveer evenveel eerstejaars aan, maar bij de algemene universiteiten is de instroom over tweemaal zoveel instellingen verdeeld. Daar komt nog bij dat de algemene universiteiten de studenten over meer verschillende opleidingen verdelen; naast de wiskunde, fysica en chemie kunnen eerstejaars ook kiezen voor farmacochemie en sterrenkunde alsmede een $\beta\gamma$ -getinte opleiding natuurwetenschappen en bestuur & beleid. In totaal kunnen eerstejaars op deze gebieden kiezen uit 24 opleidingen. Samen met de twee technische richtingen van de RU Groningen bieden de zes algemene universiteiten 26 opleidingen aan op het gebied van de wiskunde, fysica en chemie. Per 1 december 1998 stonden voor al deze opleidingen in totaal 741 eerstejaars ingeschreven; tabel 1 toont de verdeling over de opleidingen.

Vaak bestaat er binnen één instelling veel overlap tussen verschillende opleidingen. Dat geldt zeker voor de opleidingen als scheikunde en farmacochemie – die in de statistieken beide tot de chemie worden gerekend – en voor de natuur- en sterrenkunde – die in de statistieken tot de fysica worden gerekend. Maar dat alles neemt niet weg dat de instroom per opleiding laag is. Het is allesbehalve een uitzondering dat de AU's per β -opleiding minder dan dertig eerstejaars hebben. In feite is er slechts één opleiding met meer dan honderd eerstejaars, de fysica in Utrecht, en dan alleen bij een grofmazige indeling waarbij sterrenkunde en NWBB (natuurwetenschappen en bestuur & beleid) bij de fysica zijn ondergebracht.

⁸ Tussen 1980 en 1995 steeg het totaal aantal WO-opleidingen binnen het HOOP-gebied Natuur van 45 naar 74. Met die groei genereerde dit gebied tweederde van de totale groei van het aantal universitaire opleidingen; dat aantal steeg van 410 naar 453 opleidingen.
Bron: *Hoger Onderwijs in Cijfers 1996*, OCenW. Den Haag, mei 1996.
Sindsdien zijn de opleidingen geclusterd, maar dat doet aan de verhoudingen niets af.

Elk van de AU's heeft voor de fysica en chemie minstens tien leerstoelen beschikbaar, zoals tabel 2 laat zien. Bij de wiskunde zijn de aantallen iets lager, maar grosso modo blijken per instelling voor de wiskunde, fysica en chemie samen minimaal ongeveer dertig leerstoelen nodig. De VU en de KUN tellen dat aantal terwijl de UL en de UvA ruim veertig leerstoelen hebben. Utrecht en Groningen bestrijken met ruim zestig hoogleraren een relatief breed spectrum binnen de betrokken disciplines.⁹ Zie verder tabel 2.

TABEL1: 1e-jaars wiskunde, fysica en chemie verdeeld over AU's (1998)

	TOTAAL	UU	RUG	UvA	UL	VU	KUN
TOTAAL	741	206	146	135	96	80	78
Wiskunde	101	27	23	11	14	7	19
Fysica							
Natuurkunde	175	50	29	31	22	22	21
Sterrenkunde	48	12	10	10	16	-	-
Techn. natuurk.	24	-	24	-	-	-	-
NWBB *)	40	40	-	-	-	-	-
Chemie							
Scheikunde	312	77	42	83	44	28	38
Farmacochemie	23	-	-	-	-	23	-
Techn. scheik.	18	-	18	-	-	-	-

Bron: CBS (decembertellingen). *) Natuurwetenschappen en bestuur & beleid

TABEL 2; hoogleraren (fte) in de wiskunde , fysica en chemie bij de AU's
(tussen haakjes aantal eerstejaars per hoogleraar)

	TOTAAL	UU	RUG	UvA	UL	VU	KUN
TOTAAL	265 (2,6)	62 (2,7)	60 (2,4)	43 (3,1)	42 (2,3)	31 (2,6)	28 (2,8)
Wiskunde	54 (1,9)	12 (2,3)	10 (2,4)	8 (1,3)	9 (1,6)	10 (0,7)	5 (3,5)
Fysica	110 (2,2)	27 (2,3)	27 (2,4)	17 (2,4)	19 (2,0)	10 (2,1)	11 (2,0)
Chemie	101 (3,1)	23 (3,3)	24 (2,5)	18 (4,7)	15 (3,0)	11 (2,6)	12 (3,3)

Bron: Tabel 1 voor eerstejaars; exclusief NWBB (UU)

De gegevens over hoogleraren (inclusief deeltijdhoogleraren) zijn ontleend aan de meest recente onderwijsvisitaties; afronding op gehele fte's.

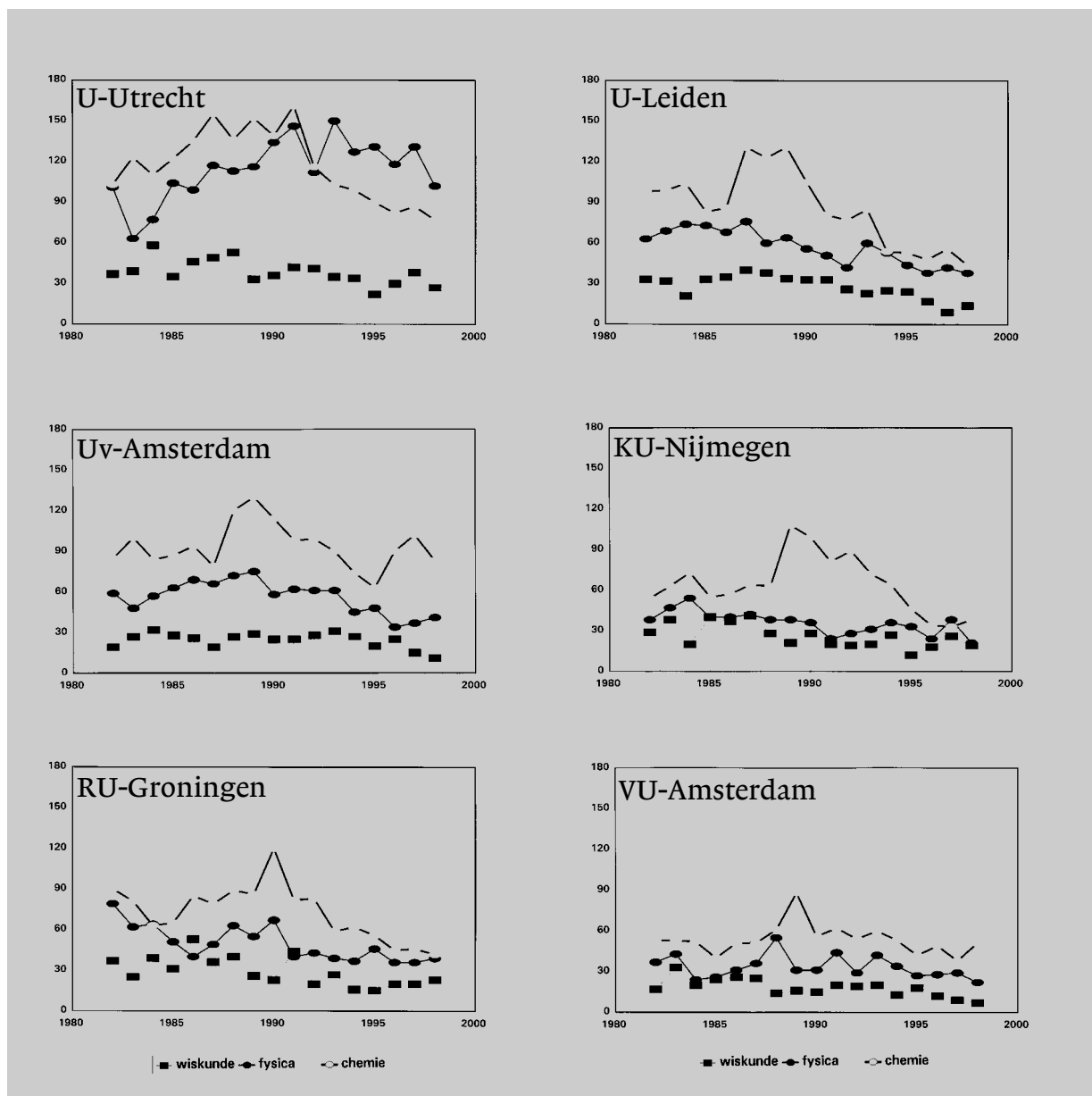
- Fysica inclusief sterrenkunde en technische natuurkunde (RUG).
- Chemie inclusief farmacochemie (VU) en technische scheikunde (RUG)

⁹ Een minimum van tien hoogleraren per opleidingslocatie valt voor de fysica en chemie te beredeneren op inhoudelijke gronden. Voor een complete opleiding zijn docenten uit verschillende specialismen nodig. Het gaat hierbij zowel om de inhoud (kernfysica naast vastestoffysica en organische naast anorganische chemie, e.d.) als om het verschil tussen theoretische, experimentele en/of technische invalshoeken.

bij 'exact' zijn er gemiddeld minder dan 3 eerstejaars per hoogleraar

De lage instroom impliceert dat er per hoogleraar zeer weinig eerstejaars zijn, waarvan nog een flink deel afvalt (uitval bij Natuur momenteel ca. 30% en bij Techniek ca. 40%). Tabel 2 laat zien dat er voor de chemie, fysica en wiskunde in 1998 slechts één opleidingslocatie was met meer dan vier eerstejaars per leerstoel. De drie exacte richtingen samen nemend, had elk van de zes AU's een instroom van twee à drie eerstejaars per hoogleraar. De lage instroom wordt niet veroorzaakt door een tijdelijke teruggang; de meeste opleidingslocaties kampen al geruime tijd met een lage instroom, zoals afbeelding 8 illustreert.

Afbeelding 8: aantal eerstejaars wiskunde, fysica en chemie bij AU's



Bron: CBS

De fysica is inclusief sterrenkunde en technische natuurkunde van de RUG.

Bij de Universiteit Utrecht is ook de opleiding natuurwetenschap & bestuur & beleid meegerekend.

Bij de chemie is de farmacochemie en de technische scheikunde van de RUG meegeteld.

1.2 Afstemming instroom en opleidingscapaciteit

versnippering
is niet efficiënt ...

... en beperkt ruimte
voor vernieuwing

De Raad acht de huidige situatie - een krimpende instroom bij de exacte wetenschappen versnipperd over de verschillende opleidingen van de algemene universiteiten - als blijvende situatie onwenselijk. Het is niet alleen inefficiënt maar het is ook niet effectief. De universiteiten hebben onvoldoende armslag om adequaat in te spelen op nieuwe ontwikkelingen om zodoende het hoge niveau van de opleidingen te handhaven en waar mogelijk te verhogen. Immers, als gevolg van de lage instroom hebben enkele universiteiten voor de afzonderlijke opleidingen het aantal hoogleraren al teruggebracht tot het minimum dat nodig is voor het onderwijs op de afzonderlijke specialismen zodat weinig potentieel beschikbaar is voor onderwijs binnen nieuwe vakgebieden. Anders gezegd, de voor vernieuwing noodzakelijke kritische massa ontbreekt nu op veel plaatsen.

Om de efficiëntie en effectiviteit te verbeteren, moet de instroom per opleidingslocatie worden verhoogd. Daartoe zijn twee mogelijkheden denkbaar: verhoging van de totale instroom en reductie van het aantal opleidingslocaties. In hoofdstuk 3 gaat de Raad op de laatste mogelijkheid in. In deze paragraaf beperkt hij zich tot de mogelijkheden om de instroom te vergroten.

1.2.1 Aanpassing van de instroom

tekorten worden teveel gezien
van universitair aanbod ...

De commissie-Verruijt legde veel nadruk op vergroting van het aantal β -studenten. Gegeven de stabilisatie van het totale aantal eerstejaars impliceert zo'n toename dat studenten overgehaald moeten worden om van andere (niet- β -)studies af te zien. Met dit pleidooi staat de commissie-Verruijt zeker niet alleen. De vraag of zo'n verschuiving gewenst is, wordt in de waarneming van de Raad voornamelijk beantwoord vanuit het universitaire aanbod en weinig vanuit een afweging van de maatschappelijke behoefte aan afgestudeerde bèta's in relatie tot de vraag naar andere academici.

Tekorten aan hoger opgeleiden

... maar tekorten β 's niet
groter dan bij andere
disciplines

In de maatschappij bestaat een grote behoefte aan hoog opgeleide mensen. Die behoefte is de laatste decennia fors gestegen. De conjuncturele toestand van de economie speelt hierbij een rol, maar de relatief grote vraag naar hoger opgeleiden lijkt niet alleen verklaard te kunnen worden door de huidige hoogconjunctuur. De factor kennis wordt steeds belangrijker; hierbij gaat het niet alleen om kennis die via het reguliere onderwijs is verkregen, maar ook om kennis die bij de beroepsuitoefening wordt opgedaan. Om tot een leven lang leren in staat te kunnen zijn, zal de ondergrond goed moeten zijn. Gelet op de behoefte van de arbeidsmarkt verwacht men in het algemeen een tekort aan mensen waarbij die ondergrond in het HBO en WO is gevormd.

In algemene zin blijkt er weinig grond te bestaan voor de stelling dat de vraag van de maatschappij naar universitaire β -afgestudeerden wezenlijk groter is dan die naar afgestudeerden in andere disciplines. Dat was niet zo in de tijd van laagconjunctuur, het is niet zo in de huidige hoogconjunctuur en het zijn

ook niet de verwachtingen voor de nabije toekomst (zie het kader over de arbeidsmarktpositie).

Arbeidsmarktpositie

Laagconjunctuur

De arbeidsmarktpositie ten tijde van de laagconjunctuur is kernachtig weergegeven in *Wetenschaps- en Technologie-Indicatoren 1996*, editie 1996 van het NOWT, Het Nederlands Observatorium van Wetenschap en Technologie, CWTS en MERIT, Leiden/Maastricht 1996). De cijfers uit dit rapport zijn gebaseerd op de situatie in november 1993. Toen bedroeg de werkloosheid onder technische wetenschappers 3,9% van de beroepsgroep tegenover 5,1% gemiddeld voor alle academici. De economen (4,1%) en juristen (2,9%) scoorden vergelijkbaar of beter dan de technici. De natuurwetenschappers hadden eind 1993 met een geregistreerde werkloosheid van 7,4% een relatief zwakke positie op de arbeidsmarkt; alleen de aaa-wetenschappers scoorden slechter (10,0%). De slechte score van de natuurwetenschappers wordt in de hand gewerkt door de hoge werkloosheid onder biologen (9,1%), maar ook fysici (6,1%) en chemici (6,2%) hadden in 1993 een zwakkere arbeidsmarktpositie dan de gemiddelde academicus (5,1%). Opmerkelijk is dat fysici en chemici slechter scoren dan elke afzonderlijke technische richting. Binnen de techniek valt vooral de sterke positie op van enkele zachtere richtingen, zoals civiele techniek (0,9%) en bouwkunde (2,7%).

Hoogconjunctuur

De arbeidsmarktpositie in de huidige tijd van hoogconjunctuur is in kaart gebracht door het SEO in samenwerking met Elsevier (*Goede studies, beste banen*, Elsevier special, juni 1999). De beste arbeidsmarktpositie hebben de technische bedrijfskundigen gevolgd door de informatici. De top vijf wordt volgemaakt door econometristen en tandartsen. Over het algemeen vonden afgestudeerden sneller een baan dan ten tijde van het vorige onderzoek. Dat geldt voor 35 van de 40 onderzochte (clusters van) opleidingen. Uitzonderingen zijn twee α -richtingen (engels en geschiedenis) en drie β -richtingen (natuurkunde, technische natuurkunde en technische wiskunde). Opmerkelijke verbeteringen in de arbeidsmarktpositie worden gesignaleerd voor verschillende γ -richtingen.

Het algemene beeld uit het SEO/Elsevier onderzoek is dat bij de niet-technisch opgeleide bètalls sprake is van een relatief hoge werkloosheid. Ook gemeten naar inkomen en baantevredenheid scoren de afgestudeerde bètals van de algemene universiteiten niet hoog. Relatief slecht is de situatie onder de fysici die zowel bij het werkloosheidspercentage en -duur als mede bij de hoogte van het salaris tot de tien slechtst bedeelde groepen horen. De wiskundigen behoren op deze punten nergens tot de tien slechtste, maar ook niet tot de tien beste. Chemici vinden relatief snel een baan (top tien), maar verdienen weinig en zijn relatief ontevreden over die baan (in beide gevallen bij laatste tien).

Toekomst

Wat betreft de toekomst verwacht het ROA, het Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt, dat elke twee jaar de arbeidsmarktprospectieven in kaart brengt voor de dan komende vier jaar een toenemend tekort aan arbeidskrachten met een opleiding op het niveau van HBO en WO. (*De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 2002*, Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt (ROA), Maastricht, oktober 1997). De WO-opleidingen met de beste arbeidsmarktprospectieven liggen volgens het ROA zowel binnen het β -domein (informatica, bouwkunde en civiele techniek) als daarbuiten (bedrijfskunde, accountancy en tandheelkunde). Opmerkelijk is dat de grootste tekorten – afgezien van de informatica – meer binnen de zachte delen dan binnen de harde delen van het β -domein worden verwacht. De grootste knelpunten verwacht het ROA binnen de zakelijke dienstverlening, waar voor vijf van de zes genoemde WO-gebieden zeer grote knelpunten worden verwacht. Voor de industrie signaleert het ROA slechts voor één opleidingsgebied een zeer groot knelpunt; de toestroom vanuit het MBO/LLW procestechniek zou zeer laag zijn in relatie tot de behoefte binnen de basischemie.

arbeidsmarkt voor Bèta's
niet beter dan voor
andere groepen

Voor een betere positie op de arbeidsmarkt hoeven studenten geen β -opleiding te kiezen ten koste van een andere (niet- β)opleiding; de bèta's vinden niet sneller werk en ontvangen geen hoger salaris dan afgestudeerden in veel andere gebieden. Dat geldt ook voor vakgebieden waar de instroom de laatste decennia sterk is gedaald; ondanks het dalende aantal afgestudeerden hebben wiskundigen, chemici en fysici geen sterkere arbeidsmarktpositie dan de gemiddelde academicus. Vergeleken met de technische opleiding is de arbeidsmarktpositie zelfs relatief slecht. Anders gezegd, de verschuivingen van de instroom van eerstejaars van Natuur naar Techniek sluit aan bij de behoefte vanuit de arbeidsmarkt. Dat arbeidsmarktperspectieven voor β -opleidingen een rol spelen, kan afgeleid worden aan het feit dat de sterke daling van de instroom naar de chemie rond 1990 samenviel met de slechte positie van afgestudeerden en gepromoveerde chemici op de toenmalige arbeidsmarkt. In de jaren zeventig deed zich voor de chemie al een vergelijkbare situatie voor.

In de huidige tijd van hoogconjunctuur hebben chemici een betere arbeidsmarktpositie dan enkele jaren geleden, maar niet beter dan het huidige gemiddelde voor alle academici. Fysici hebben minder last van schommelingen in de conjunctuur, maar dat leidt niet tot een structureel sterke positie op de arbeidsmarkt. Integendeel, afgaande op de arbeidsmarktstatistieken hebben fysici al geruime tijd een relatief slechte arbeidsmarktpositie. Deze beneden-gemiddelde score is des te opmerkelijker gelet op het feit dat deze opleidingen gemiddeld goede VWO-scholieren trekken; afgestudeerde fysici blijken op het eindexamen VWO gemiddeld de hoogste cijfers gehaald te hebben, zowel voor de β - als voor de α -vakken.¹⁰

geen reden voor algemene acties
om β -instroom te vergroten

De Raad concludeert dat de situatie op de arbeidsmarkt voor studenten geen extra impuls vormt om exact te kiezen. Er zijn op vrijwel alle gebieden tekorten en de arbeidsmarktperspectieven van afgestudeerde bèta's zijn in het algemeen niet beter dan die van veel andere academici.

¹⁰ *Goede studies, Beste banen*. Elsevier/SEO onderzoek 1998, Bijlage bij Elsevier nr. 20, 16 mei 1998.

Dit onderzoek heeft betrekking op de uitstroom en niet op de instroom. De kans om een opleiding in de exacte vakken met succes te kunnen afronden, is over het algemeen kleiner dan de kans op succes bij andere opleidingen. De verschillen zijn het grootst onder de groep die gemiddeld een zeven of lager had op het VWO-eindexamen. Voor deze groep is de kans op een bul bij de exacte vakken half zo groot als bij de levenswetenschappen en de economie. Bron: P.C. van der Kruit, *The recruitment to science and engineering courses in the Netherlands*, lezing tijdens de zesde jaarvergadering van de European Association of Deans of Science, Parijs, 9 mei 1996.

Specifieke tekorten

Binnen het β -domein zijn er enkele deelgebieden waar zorgelijke tekorten speciale aandacht vragen. Dat geldt met name voor het tekort aan informatici, een problematiek die de Raad in een eerder advies nader heeft beschreven.¹¹ Daarbij heeft de Raad onder andere gepleit voor een minder eenzijdige inbedding van de informatica in de β -disciplines. De analyse in dit advies over de technische en natuurwetenschappen versterkt dat pleidooi; naarmate er meer aandacht voor domeinkennis komt, zal de kans toenemen dat “kunde” opleidingen in de informatica minder in dezelfde vijver vissen als de harde exacte opleidingen.

behalve voor enkele specifieke gebieden:

... informatica

Een ander gebied waar aanleiding tot aanzienlijke zorg bestaat, is de lerarenopleiding. Voor het voortgezet onderwijs wordt een groot tekort aan leraren verwacht, met name voor de exacte vakken. De KNAW constateert dat vrijwel niemand van de afgestudeerde wiskundigen voor het leraarschap in het VWO kiest.¹² Voor chemici en fysici ligt deze situatie niet veel anders. Dergelijke tekorten bestaan ook voor andere vakken, zoals economie, maar het tekort aan β -docenten vormt een extra knelpunt omdat het VWO-onderwijs in de wis-, natuur- en scheikunde een belangrijk voortraject vormt voor alle studies binnen de HOOP-gebieden Natuur en Techniek, alsmede Landbouw en Gezondheid. Voor de wiskunde strekt die fundering zich ook uit tot andere HOOP-gebieden; in feite heeft het gehele hoger onderwijs baat bij kwalitatief goed wiskundeonderwijs in het voortgezet onderwijs.

... lerarenopleiding

De oorzaak voor de geringe belangstelling voor een loopbaan binnen het VWO-onderwijs moet volgens de Raad eerst en vooral binnen het VWO zelf worden gezocht; het tekort aan leraren wordt namelijk niet in de eerste plaats veroorzaakt door het lage percentage studenten dat voor een exacte opleiding kiest, maar door het lage percentage afgestudeerden dat leraar wordt. Het onderwijs kan kennelijk niet afdoende concurreren met andere potentiële werkgevers van afgestudeerde wiskundigen, fysici en chemici. Dit verschil in concurrentiekracht lijkt vooral met de inhoud van het leraarschap verband te houden en niet of slechts in zeer beperkte mate met verschillen in salaris. Over het algemeen ligt het gemiddelde salaris van recent afgestudeerde chemici, fysici en wiskundigen namelijk niet hoger dan hetgeen gebruikelijk is binnen het onderwijs.

1.2.2 Aanpassing van de opleidingen

Het feit dat algemeen gesproken de verwachte tekorten aan bèta's niet hoger zijn dan voor andere hoger opgeleiden, neemt niet weg dat de afnemende interesse bij studenten voor de exacte opleidingen aan de algemene universiteiten op termijn nadelige gevolgen zal hebben, niet in het minst vanwege het belang van deze disciplines voor de andere vakgebieden. Zo is de chemie mede van belang voor de medische wetenschappen en de fysica voor de technische

¹¹ *De structurele behoefte aan informatici*, AWT-advies nr. 31. Den Haag, februari 1998.

¹² *De Toekomst van het Wiskundig Onderzoek in Nederland*, KNAW. Amsterdam, juni 1999.

wetenschappen. Bezien vanuit de optiek van kennis-toeleverende discipline springt vooral wiskunde in het oog. Van oudsher is dit vakgebied van groot belang voor de ontwikkeling van de fysica, maar in steeds meer wetenschapsgebieden neemt het gebruik van geavanceerde mathematische modellen en bewerkingstechnieken toe. Gelet op deze verbreding van toepassingsgebieden is met name de instroom van eerstejaars wiskunde zorgwekkend laag.

om instroom te vergroten
is 'marketing' niet voldoende

De Raad acht om deze reden een stijging van de studentenaantallen voor genoemde gebieden van groot belang. Om dit te stimuleren, is het aangrijpingspunt tot nu toe vooral gezocht bij de verhoging van de instroom naar de betrokken opleidingen. Dit alles heeft tot nu toe weinig zichtbare resultaten opgeleverd; het percentage mannen en vrouwen dat voor een β -opleiding kiest, is de laatste decennia immers niet veel veranderd en de Raad verwacht voor de toekomst ook weinig succes van die benadering. De ontwikkelingen in de studentenstromen vertonen een zodanig structureel karakter en sluiten zodanig aan bij de perspectieven op de arbeidsmarkt, dat marketing alleen onvoldoende zal uitrichten. Om een grotere instroom te realiseren, zal het aangrijpingspunt bij de inrichting van het onderwijs gelegd moeten worden. De opleidingen moeten inspelen op de veranderende interesse van studenten en afnemers van afgestudeerden. De Raad heeft hierbij twee wegen voor ogen; een verbreding van de β -opleidingen en een versterking van de β -component in het α - en γ -onderwijs.

Verbreding van de β -opleidingen

Van oudsher vormt het universitaire onderwijs, met name binnen de natuurwetenschappen, een voorbereiding op een loopbaan in het wetenschappelijk onderzoek. De behoefte bij de industriële R&D ligt thans veel minder in het verlengde van de academische tradities dan vroeger; het accent ligt veel meer bij het ontwerpen dan bij het onderzoek, zoals de Raad in een eerder advies heeft geconstateerd.¹³

in opleiding naast diepte
ook aandacht voor
kennisuitwisselingsvaardigheden

De beroepspraktijk binnen de industrie is voor afgestudeerde bèta's echter breder dan de R&D-laboratoria. Het gaat ook om functies in de productie en marketing en buiten de industrie vragen ingenieursbureaus om afgestudeerden met specifieke b-kennis. De grootste knelpunten in deze b-gerelateerde beroepspraktijk hebben niet primair betrekking op de kwantiteit maar op de kwaliteit van de afgestudeerde bèta's. In een eerder advies is de Raad explicieter op die kwalitatieve eisen ingegaan.¹⁴ Samengevat luidde de conclusie dat een afgestudeerde naast een gedegen vakkennis ook moet beschikken over vaardigheden om de eigen kennis uit te kunnen wisselen met andere specialisten, binnen en vooral ook buiten het eigen vakgebied.

¹³ *Technici en onderzoekers; kwaliteit en kwantiteit*, AWT-advies nr. 11. Den Haag, december 1992.

¹⁴ *Wisselwerking tussen 'harde' en 'zachte' kennis*, AWT-advies nr. 29. Den Haag, oktober 1997.

Uit deze korte schets van de behoefte blijkt dat de arbeidsmarkt niet zozeer vraagt dat *meer* studenten door de specialistische op academisch onderzoek gerichte ‘mal’ worden gevormd, maar dat ze *anders* worden opgeleid. De opleidingen moeten eveneens worden gericht op het leren benutten van monodisciplinaire kennis ten behoeve van multidisciplinaire samenwerking.

Naarmate studenten beter worden voorbereid op de multidisciplinaire beroepspraktijk, zullen zij voor werkgevers aantrekkelijker worden. In het kielzog van die versterking van de arbeidsmarktpositie is het wellicht ook mogelijk om de geslonken vakgebieden weer te laten groeien. Anders gezegd, ook vanuit de optiek van vergroting van de instroom lijkt het noodzakelijk om de opleidingen te verbreden. Omdat vrouwen nog weinig voor β -opleidingen kiezen, levert aansluiting bij de interesse van vrouwen de meeste perspectieven op een grotere instroom.

Om die bredere inzetbaarheid te kunnen realiseren, kan niet worden volstaan met een cursus uit het domein van de α - en γ -wetenschappen. Er is een integratie nodig; voor een deel lijken opleidingen volledig opnieuw ontworpen te moeten worden. Naast de vakinhoudelijke aspecten zal vooral nadruk gelegd moeten worden op het ontwikkelen van het vermogen tot systeemdenken met behulp van mathematische modellen.

De behoefte aan beter inzetbare bèta's vindt gehoor bij de universiteiten. De TU's hebben de behoefte vanuit de industriële R&D naar ontwerpde technici beantwoord met de tweejarige ontwerpopleidingen en met een sterker accent op het ontwerpen in de eerste fase. De vraag naar breder inzetbare bèta's buiten het domein van onderzoek en ontwikkeling vindt momenteel bij de AU's gehoor. Bij de invulling van de vijfjarige cursusduur voor de β -opleidingen worden drie verschillende varianten ontwikkeld; naast de onderzoeksvariant zijn dat de maatschappelijke variant en de leraren/communicatievariant. De Raad is echter allesbehalve gerust dat deze veranderingen voldoen aan de eis ‘kennis in de diepte, vaardig in de breedte’. In de waarneming van de Raad vertonen veel van de nieuwe onderzoeksvarianten sterke gelijkenis met de bestaande opleidingen zodat deze varianten de studenten nauwelijks bredere vaardigheden zullen aanleren dan thans het geval is. Die verbreding beogen de universiteiten nadrukkelijker met de maatschappelijke varianten, maar daarbij is de omvang van het natuurwetenschappelijk deel zodanig gereduceerd dat de diepgang aan β -kennis geweld wordt aangedaan. De Raad acht het niet uitgesloten dat geen van beide varianten voldoet aan de eisen die de maatschappij thans stelt aan breder inzetbare bèta's.

De invulling van de 5-jarige opleiding lijkt geen verbetering

... maar leidt wel tot
een verdere versnippering

Doordat de maatschappelijke variant voor een belangrijk deel gescheiden is van de onderzoeksvariant leidt de huidige ontwikkeling bovendien tot een verdere daling van het aantal studenten per opleiding. Met de derde (leraren/communicatie)variant leidt dit alles ertoe dat het huidige aantal opleidingen met een factor twee tot drie toeneemt. Om studenten ruimte te gunnen voor een specialisatie zullen per afstudeervariant meerdere verbijzonderingen nodig zijn. Rekening houdend met de voortijdige uitstroom kan deze ontwikkeling uitmonden in een 1:1 situatie: het aantal studiepaden komt overeen met het jaarlijkse aantal afgestudeerden.¹⁵

... en zal niet tot een grotere
instroom leiden

De verlenging van de studieduur voor β -opleidingen is mede ingegeven door de wens om meer studenten voor een β -opleiding te interesseren alsmede om een betere afstemming tussen opleiding en arbeidsmarkt te realiseren. De Raad betwijfelt ten zeerste of deze doelstellingen via drie verschillende varianten worden bereikt. Hij vreest dat door de sterke groei van het aantal studiepaden het overzicht verdwijnt. Dit verzwakt de arbeidsmarktpositie van afgestudeerde bèta's; veel werkgevers klagen nu al over ondoorzichtigheid in een overdaad aan opleidingen, met name ook binnen het β -domein. Aangezien de arbeidsmarktpositie van veel afgestudeerde bèta's nu niet overdadig sterk is – dat geldt met name voor de opleidingen waarvoor thans de verschillende varianten worden ontwikkeld – is het twijfelachtig of de vermenigvuldiging van het aantal studiepaden tot een duurzame verhoging van de instroom zal leiden. Maar ook los van de kansen op de arbeidsmarkt is het twijfelachtig of de toename van het aantal afstudeerpaden tot een grotere instroom van eerstejaars zal leiden. Zelfs voor studentendecanen in het VWO wordt het welhaast ondoenlijk om een totaalbeeld te vormen, met als gevolg dat zij steeds moeilijker de weg kunnen wijzen aan middelbare scholieren die het spoor bijster raken in de doolhof van universitaire β -opleidingen.

¹⁵ Tussen verschillende opleidingen bestaat de nodige overlap, en niet voor elke opleiding zullen vele afstudeerspecialisaties nodig zijn. Zo kan sterrenkunde gezien worden als specialisatie binnen de fysica. Daar staat echter tegenover dat voor veel andere opleidingen relatief veel afstudeerspecialisaties nodig zijn; op het gebied van de fysica gaat het bijvoorbeeld om experimentele en theoretische richtingen op meerdere gebieden, zoals vastestoffysica, hoge energiefysica, kernfysica en de biofysica. Meerdere specialisatierichtingen zijn ook nodig voor de lerarenvariant (bijvoorbeeld educatief lesmateriaal, didactische werkvormen, practica, computeronderwijs, audio-visueel onderwijs) en voor de maatschappelijke variant (wijsgerige reflectie, bestuurskunde, management, economie, wetenschapsleer). De gedachte dat bij deze varianten gebruik gemaakt kan worden van onderwijs dat voor de studenten uit andere gebieden reeds beschikbaar is, acht de Raad riskant. In dat geval ontstaat een combinatie van major en minor onderwijs dat weinig onderlinge synergie vertoont en neigt naar een propedeuse-stapelning.

β-kennis binnen α- en γ-domeinen

Zoals gezegd, houdt de verbreding van de arbeidsmarkt voor bèta's verband met de behoefte aan mensen die in systemen kunnen denken en kunnen werken met mathematische modellen. Dit betekent echter niet dat alle bèta's systeemdenkers worden en het betekent evenmin dat systeemdenken alleen via β-opleidingen geleerd kan worden. Naarmate het beter lukt om systeemdenken te leren aan studenten binnen de α- en vooral γ-disciplines zal de kloof tussen vraag naar en aanbod van β-talent kleiner worden. Dit vraagt in veel gevallen om een 'mathematisering' van de α- en γ-opleidingen. Zo'n ontwikkeling zal zeker niet over de gehele linie van de α- en γ-disciplines gewenst zijn, maar in veel gevallen biedt een versterking van het mathematische gehalte grote voordelen.

versterk β-component
in α- en γ-opleidingen

Die voordelen houden niet alleen verband met de maatschappelijke behoefte aan β-talent, maar vloeien ook voort uit ontwikkelingen binnen de betrokken wetenschapsgebieden. Mede als gevolg van de opkomst van de informatie-technologie zijn er namelijk steeds meer gebieden waar een substantieel deel van het onderzoek zich leent voor modelmatige analyses. Voor de ontwikkeling van en het werken met die modellen is het van belang dat tenminste een deel van de studenten op het gebied van de α- en γ-wetenschappen beschikt over β-kennis en -inzichten. Voor de verdere ontwikkeling van α- en γ-disciplines is het derhalve van groot belang dat een deel van het β-talent na het VWO-examen kiest voor een α- of γ-studie waarin de β-interesse gecultiveerd wordt. Men vergelijk de econometrie, die zonder instroom van wiskundig talent niet tot wasdom gekomen zou zijn.

1.3 Conclusie

Aangezien de verschuivingen in de opleidingskeuze van β-studenten tamelijk structureel lijken, valt het niet te verwachten dat studierichtingen die uit de belangstelling zijn geraakt de komende jaren weer spectaculair zullen groeien.¹⁶ Maar zelfs als die verwachting onjuist is en er bijvoorbeeld een verdubbeling zou optreden, dan blijft bij veel van de opleidingen sprake van een klein aantal studenten per opleidingslocatie. Ter vergelijking: de twee opleidingen bouwkunde telden in 1998 samen meer eerstejaars dan alle in tabel 1 genoemde opleidingen samen. De Delftse opleidingen Lucht- & Ruimtevaart, Industrieel Ontwerpen en Civiele Techniek hebben elk evenveel of meer eerstejaars dan de elf in tabel 1 genoemde opleidingen bij de KUN, VU en UL de drie kleinste algemene universiteiten samen.

¹⁶ Ook in veel andere landen wordt momenteel melding gemaakt van een sterke daling van het aantal studenten in de exacte opleidingen. Zo wordt in Duitsland voor de periode 1997-2004 bij de fysica en chemie een teruggang verwacht tot ongeveer eenderde van de huidige Instroom; voor de biologie wordt geen teruggang verwacht. (Bron: 'Germany faces graduate shortage as students turn away', Annette Kloboucek, Nature, 6 augustus 1998). De ETH-Zürich zou momenteel de enige Duitssprekende universiteit zijn waar het aantal studenten fysica niet daalt. In Zwitserland springt vooral de daling bij de chemie in het oog; in dat onderwijsgebied zijn er inmiddels meer promovendi dan studenten.

versnippering is
niet efficiënt ...

De relatief grote omvang van de genoemde technische opleidingen vloeit voort uit de concentratie; de totale opleidingscapaciteit voor deze gebieden is geheel of grotendeels binnen één universiteit geconcentreerd.

De daling in studentenaantallen treedt sterk op de voorgrond bij de wiskunde, fysica en chemie – de β -opleidingen die over het grootste aantal universiteiten zijn verspreid. Dat geldt in het bijzonder voor de algemene universiteiten waar momenteel gemiddeld minder dan drie eerstejaars per hoogleraar worden ingeschreven. Vanuit onderwijs oogpunt acht de Raad het ongewenst om voor de wiskunde, fysica en chemie eigenstandige opleidingen aan alle algemene universiteiten te handhaven. Het is een inefficiënte benutting van middelen. En de huidige situatie is ook niet effectief; mede vanwege de lage instroom is er gemiddeld per universiteit te weinig potentieel om ruimte te scheppen voor verbreding in het onderwijs. Die verbreding is mede nodig om te kunnen komen tot een goed herkenbaar onderwijsproduct dat (beter) aansluit bij de talenten en de interesses van de huidige generatie scholieren jongens en vooral ook meisjes en dat voor afgestudeerden resulteert in een relatief goede positie op de arbeidsmarkt. Een grotere concentratie geeft bovendien een grotere herkenbaarheid, hetgeen op zichzelf al de instroom ten goede kan komen.

... en biedt onvoldoende
ruimte voor vernieuwing

De noodzakelijke verbreding mag niet ten koste gaan van de eveneens noodzakelijke diepgang binnen het betrokken β -domein. Om diepgaande kennis te combineren met een brede inzetbaarheid zullen veel β -opleidingen drastisch vernieuwd moeten worden. Voor de technische universiteiten is de noodzaak tot die vernieuwing benadrukt door Berkhout.¹⁷ Om kwaliteit in de breedte en in de diepte te kunnen combineren, acht Berkhout - naast specialisten in de mono-disciplines - hoogleraren nodig die langs multidisciplinaire dwarsverbanden kunnen werken. Anders gezegd, verbreding op het noodzakelijk hoge niveau vergt meer hoogleraren dan het aantal specialisten voor het onderwijs in de verschillende basisvakken. Bij de algemene universiteiten is het aantal hoogleraren bij de exacte vakken teruggebracht tot het minimum aantal specialisatierichtingen, zodat daar nauwelijks of geen ruimte bestaat voor een geïntegreerde verbreding van het onderwijs.

Naast ruimte voor vernieuwing in de breedte hebben universiteiten ook ruimte nodig voor de ontwikkeling van nieuwe opleidingen. Vanwege de toename van het aantal studenten kon de opkomst van nieuwe vakgebieden in het verleden uit de groei worden gefinancierd; de ruimte voor het onderwijs binnen de technische wetenschappen en de informatica is geschapen uit de groei van het wetenschappelijk onderwijs. Nu de groei van het WO voorbij is, zullen nieuwe gebieden moeten groeien ten koste van bestaande; binnen de wiskunde, fysica en chemie ontbreekt die ruimte bij de afzonderlijke instellingen doordat het aantal leerstoelen veelal tot het minimum is teruggebracht.

¹⁷ A.J. Berkhout, 'De universiteit van de 21e eeuw. Multidisciplinaire wetenschap in een flexibele netwerk organisatie', Wetenschap, Technologie en Samenleving, juni 1999.

De Raad concludeert dat een vermindering van het aantal zelfstandige opleidingslocaties dringend gewenst is. In hoofdstuk 3 gaat hij nader in op de vraag hoe zo'n centralisatie c.q. concentratie in het onderwijs bereikt zou kunnen worden.

verminder aantal
zelfstandige opleidingslocaties

Onderzoek

2

Het bèta-onderzoek bij de universiteiten - het terrein waar de Raad zich in dit advies toe beperkt - is algemeen gesproken van hoog niveau. Dit blijkt uit de verschillende visitatierapporten. In de 1998-editie van het Observatorium is het aldus verwoord:¹⁸ *'op bèta-gebied behoort Nederland tot de top-naties met een citatie-impact die ruim boven het wereldgemiddelde ligt'*.

Dat Nederland op natuurwetenschappelijk gebied tot de top-naties behoort, beschouwt de Raad niet als een luxe maar als noodzaak om ook in de volgende eeuw een eigen rol te kunnen spelen bij de verdere ontwikkeling van de kennissamenleving. Centraal daarbij is de vraag of het universitaire kennisstelsel goed is opgesteld om met dynamiek en impact te kunnen inspelen op de veranderingen in de behoeften van die kennissamenleving. Die veranderende behoeften komen onder meer tot uiting in de vraag naar opgeleiden. De Raad acht de verwevenheid van onderzoek en onderwijs bij de universiteiten een groot goed; onderzoek schept een effectieve omgeving voor de academische vorming van studenten. De veranderingen in de onderwijsvraag, zoals in het vorige hoofdstuk geschetst, moeten vanuit dat oogpunt ook consequenties hebben voor het onderzoek. In §2.1 wordt hierop nader ingegaan. Daarnaast heeft de maatschappij behoefte aan bèta-onderzoek. De maatschappij verlangt van de universiteiten de dynamiek om op nieuwe ontwikkelingen adequaat in te spelen. In §2.2 gaat de Raad in op de consequenties hiervan voor het universitaire onderzoekssysteem.

Behoefte aan β -onderzoek gerelateerd aan het onderwijs

2.1

Het aanbod aan opleidingen draagt nog sterke sporen uit de jaren zeventig en tachtig toen de instroom in de exacte richtingen van de algemene universiteiten een factor twee hoger lag dan thans. Doordat het aantal opleidingen niet is verminderd maar is toegenomen, is de gemiddelde instroom per opleidingslocatie gedaald tot minder dan drie eerstejaars per hoogleraar. Dat deze situatie niet gecontinueerd kan worden, is in het vorige hoofdstuk betoogd. Dat de verdunning - ondanks de hoge kosten per student - zich in de geconstateerde mate heeft kunnen voortdoen, vloeit in belangrijke mate voort uit de manier waarop het universitaire onderwijs en onderzoek worden bekostigd. De verdeling van de beschikbare middelen over de universiteiten is in slechts zeer beperkte mate afhankelijk van de ontwikkeling in studentenaantallen; de verdeelsleutel voor het overgrote deel van de middelen is gefixeerd op basis van de situatie uit het begin van de jaren tachtig. Doordat de exacte wetenschappen toen een grote instroom van studenten kenden en daar veel onderzoek werd gedaan, zijn daar thans nog steeds de middelen aanwezig om een dure

verdeling van onderzoeksgeld over universiteiten is gefixeerd op situatie uit jaren tachtig

... dit werkt consoliderend

¹⁸ *Wetenschaps- en Technologie-Indicatoren 1998*. Het Nederlandse Observatorium van Wetenschap en Technologie (NOWT), CWTS/MERIT. Leiden/Maastricht, mei 1998.

verdunning in het onderwijs te bekostigen. Het bekostigingsmodel heeft niet alleen een consoliderende werking voor de verdeling tussen de verschillende universiteiten, maar ook voor de verdeling over de wetenschapsgebieden.

De Raad constateert dat de verdeling van de onderzoeksmiddelen de veranderingen aan de onderwijskant niet heeft gevolgd. Hij acht dit wel wenselijk, zonder direct voor een volledige koppeling te pleiten, omdat juist in de combinatie van onderwijs en onderzoek de kracht ligt van de universiteit. Ter illustratie het voorbeeld van het verschil tussen de algemene en de technische universiteiten; zie kader.

Illustratie van verschillen in onderwijs- en onderzoeksinspanningen

In 1975 telden beide categorieën universiteiten ongeveer evenveel β -studenten terwijl bij de TU's nu tweemaal zoveel β -studenten staan ingeschreven. Op onderzoeksgebied geldt die verhouding niet. Integendeel, vanuit de eerste geldstroom zijn de meeste β -onderzoekers werkzaam binnen de algemene universiteiten. De tweede geldstroom versterkt die onderlinge verschillen; via NWO zijn er tweemaal zoveel β -onderzoekers werkzaam binnen de AU's als binnen de TU's. Genormeerd naar studentenaantallen bedraagt het verschil bij de tweede geldstroom dus een factor vier. Deze verschillen worden voor een belangrijk deel veroorzaakt door het relatief grote onderzoekscomponent binnen de fysica. Dat geldt met name voor de tweede geldstroom waar de fysica bij de algemene universiteiten bijna evenveel onderzoekers telt als alle vakgebieden van de technische universiteiten bij elkaar, terwijl de TU's twintig maal zoveel studenten hebben, zoals uit tabel 4 valt af te lezen.

TABEL 4; aantallen studenten en onderzoekers (1995/1996)

soort universiteit	aantal β -studenten	aantal β -onderzoekers 1e geldstroom		aantal β -onderzoekers 2e geldstroom	
		totaal	per 100 studenten	totaal	per 100 studenten
Technisch	25108	1361	5,4	401	1,6
Algemeen	13157	1604	13,2	887	7,3
Waarvan Fysica	1298	336	26	368	28,4

In feite is het aandeel van de fysica bij de AU's binnen het totale β -onderzoek nog groter dan tabel 4 aangeeft omdat er op het gebied van de fysica relatief veel middelen gaan naar para-universitaire instituten; deze instituten zijn niet in tabel 4 opgenomen. In totaal vergt het fysisch onderzoek jaarlijks bijna eenderde deel van het totale onderzoeksbudget van NWO. Daarnaast heeft meer dan de helft van het overheidsbudget voor internationale onderzoeksinstellingen betrekking op de fysica.¹⁹ Dit betekent dat Nederland bovenop de rechtstreekse financiering van de universiteiten via de eerste geldstroom jaarlijks ongeveer tweehonderd miljoen gulden besteedt aan onderzoek dat inhoudelijk is gerelateerd aan de fysica bij de AU's. Dat is ongeveer drie keer zoveel als de tweede geldstroom op het gebied van de Technische Wetenschappen.

Het feit dat er relatief veel middelen naar het fysisch onderzoek gaan, houdt voor een belangrijk deel verband met dat vakgebied. Als een land mee wil spelen op het gebied van de hoge-energiefysica, zal het een reële bijdrage moeten leveren aan CERN alsmede een thuisbasis moeten onderhouden. Dit neemt echter niet weg dat de relatieve omvang in belangrijke mate voortvloeit uit de prioriteiten die in het verleden zijn gesteld. Tabel 4 illustreert dat het onderzoek de dynamiek op het gebied van het onderwijs niet of slechts ten dele volgt. Dit betekent niet dat het onderzoek in een één-op-één-relatie met het onderwijs moet staan - de relatie met het onderwijs vormt immers (slechts) één van de motieven voor het onderzoek - maar de relatie lijkt nu wel erg zwak te zijn. Die conclusie wordt nog sterker als we de herkomst beschouwen van de middelen voor onderzoek op het gebied van de technische wetenschappen. Het betrokken (STW) budget is niet voortgekomen uit een verschuiving binnen de tweede geldstroom maar uit extra middelen, waarvan een belangrijk deel afkomstig is van het ministerie van Economische Zaken.

¹⁹ In 1998 ging f 129,4 miljoen naar internationale instellingen, waarvan bijna f 70 miljoen naar instituten op het gebied van de fysica: f 55,5 miljoen naar CERN (hoge energiefysica) en f 12,3 miljoen naar ESO (astronomie). De rest ging naar ruimtevaart (ESA f 57,2 miljoen) en moleculaire biologie (EMBL f 3,6 miljoen en EMBC f 0,8 miljoen). Bron: Observatorium 1998, p. 110.

verdeling van onderzoeksgeld
meer baseren op
onderwijsinspanningen

Zoals gezegd, is de zwakke relatie tussen onderwijs- en onderzoeksvolume in de hand gewerkt door het bekostigingsmodel dat uitgaat van de jaren tachtig toen de exacte natuurwetenschappen de boventoon voerden en naar verhouding een groot gedeelte van de β -studenten trokken. Dit op het verleden gerichte verdelingsmodel beperkt de ruimte voor onderzoek binnen jongere disciplines, zoals de informatica en de technische wetenschapsgebieden. Althans dat geldt, zolang binnen vroegere prioriteitsgebieden geen krimp optreedt die ruimte schept voor groei in nieuwe prioriteitsgebieden. In de private sector treden verschuivingen van de natuurwetenschappen naar de technische wetenschappen in verschillende sectoren veel sterker op de voorgrond.²⁰

De Raad acht de verwevenheid van onderwijs en onderzoek bij de universiteiten een groot goed. Vanuit dat oogpunt bepleit hij een verdeling van onderzoeksmiddelen over de universiteiten die veel sterker dan nu is gebaseerd op de daadwerkelijke onderwijsinspanningen; een punt dat hij recentelijk nog beargumenteerd heeft in zijn advies *Hoofdlijnen Wetenschapsbeleid*. De doorvoering van een concentratie van het β -onderwijs vormt een natuurlijk moment voor een herverdeling van de middelen over de verschillende gebieden.

2.2 Maatschappelijke behoefte aan β -onderzoek

De Raad heeft niet de pretentie de maatschappelijke behoefte aan β -onderzoek gedetailleerd in kaart te kunnen brengen. Hij concentreert zich op het signaleren van twee zijns inziens belangrijke ontwikkelingen in die maatschappelijke behoefte met daaraan gekoppeld de vraag of het (para-)universitaire β -onderzoek goed staat opgesteld om op deze ontwikkelingen in te spelen. De twee ontwikkelingen waar de Raad op doelt, zijn:

- de behoefte om onderzoek binnen nieuwe gebieden te ontplooiën;
- de behoefte aan samenwerking op het gebied van fundamenteel-strategisch onderzoek tussen universiteiten en het bedrijfsleven

De eerste ontwikkeling verlangt institutionele en financiële ruimte om nieuwe ontwikkelingen op te pakken. De tweede ontwikkeling vereist groepen die van voldoende omvang zijn om internationaal goed zichtbaar te kunnen zijn en aantrekkelijke partners te kunnen vormen voor samenwerking. Beide ontwikkelingen vergen in de ogen van de Raad een grotere concentratie in het Nederlandse onderzoekslandschap.

²⁰Illustratief is de ontwikkeling bij Philips dat in Nederland veruit de grootste speler is op R&D-gebied. De naamgeving van het centrale laboratorium, het NatLab in Eindhoven, illustreert dat de fysica een belangrijke rol speelde ten tijde van de oprichting van dit laboratorium. Dit Natlab is echter geen zuiver natuurkundig laboratorium (meer); niet omdat de fysica minder belangrijk is dan vroeger, maar omdat er andere belangrijke gebieden zijn bijgekomen, zoals de informatica en elektronica. Voorzover Philips op het gebied van de fysica nu behoefte heeft aan kennis vanuit de universiteiten, gaat het vooral om een combinatie van fysica met informatica en elektronica.

2.2.1 Vernieuwing

Wetenschappelijke vernieuwing is niet alleen van belang voor de verdere ontwikkeling van de wetenschap, maar ook voor de concurrentiekracht van het bedrijfsleven. Dat laatste wordt treffend geïllustreerd door de *TechnologieRadar* van het ministerie van Economische Zaken.²¹ Deze studie geeft een overzicht van de technologiegebieden die het bedrijfsleven nu belangrijk vindt. De grootste kennisbehoefte ligt op gebieden die enkele decennia geleden niet bestonden, zoals mechatronica, gen-technologie, en vooral informatietechnologie. Dit betekent dat het voor de toekomstige behoefte aan maatschappelijke kennis van belang is dat er nu kiemen worden gelegd voor gebieden die kunnen uitgroeien tot de ICT en de biotechnologie van de volgende eeuw.

maatschappij vraagt aan
universiteiten nieuwe gebieden
te exploreren

Veel vernieuwing begint met iets kleins. Om na te gaan welke factoren bij die kiemvorming relevant zijn, zijn gesprekken gevoerd met onderzoekers die in het verleden buiten de toen gebaande paden zijn getreden en daarbij aantoonbaar succes hebben geboekt. Er zijn ook gesprekken gevoerd met mensen die nu nieuwe wegen inslaan maar waarvan de geschiedenis als scheidsrechter zijn werk nog niet heeft kunnen doen. De gesprekken met negen vernieuwers zijn in een achtergrondstudie gebundeld.²² Vrijwel zonder uitzondering is de kiem voor de vernieuwing binnen de eerste geldstroom gelegd; een hoogleraar geloofde in het talent en gaf betrokkene de ruimte om ideeën uit te werken. Vaak verklaarde de buitenwacht de vernieuwer voor naïef en soms twijfelde de betrokken hoogleraar ook of de 'vernieuwer' het bij het rechte eind had. Het geloof in het talent gaf de doorslag.

Via de tweede geldstroom is kiemvormende vernieuwing over het algemeen moeilijk.²³ De criteria voor financiering zijn gebaseerd op kwaliteit en dat is welhaast per definitie niet aan te tonen bij een kiem. Er zijn geen eigen publicaties waarop iemand voort kan borduren en er zijn al helemaal geen citaties. Binnen de tweede geldstroom bestaat voor kiemvormende vernieuwing in principe de meeste ruimte binnen de instituten en via de persoonsgebonden programma's. De FOM-instituten hebben voldoende omvang om risico's te nemen van een 'mislukte' vernieuwing en een Spinoza-laureaat heeft de vrijheid een potentiële vernieuwer in zijn of haar team op te nemen. Het nadeel van de instituten is dat vernieuwing snel tegen de grenzen van het instituut aanloopt. Bij vernieuwing gaat het naar verhouding vaak om combinaties van kennis uit twee of meer vakgebieden.

... daarvoor is de tweede
geldstroom niet het meest
geëigende instrument

²¹ *TechnologieRadar*, ministerie van Economische Zaken. Den Haag, maart 1998.

²² Dr. V.C.M. Timmerhuis, *Ruimte voor vernieuwing. Ervaringen binnen de technische en natuurwetenschappen*, AWT-achtergrondstudie nr. 14. Den Haag, augustus 1999.

²³ Bij de kiemvorming gaat het om de startfase van een nieuw gebied. Als een vernieuwing succesvol blijkt, kan het nodig zijn om relatief grote investeringen te doen. Voor deze 'doorstart' kan de tweede geldstroom wel stimulerend werken. Gebieden die thans voor zo'n doorstart in aanmerking kunnen komen, zijn bijvoorbeeld nanotechnologie en bio-informatica.

... ruimte voor vernieuwing
binnen de eerste geldstroom
afgenomen

Bij mechatronica bijvoorbeeld gaat het om de combinatie van mechanica en elektronica. Binnen de (brede) universiteiten is de kans groter dat de betrokken disciplines al aanwezig zijn dan binnen de (smalle) instituten.²⁴

Overigens profiteren de universiteiten nu nog onvoldoende van hun brede kennisportfolio. Het gebeurt bijvoorbeeld te weinig dat bestaande kwaliteit wordt ingezet om nieuwe gebieden te exploreren of dat specialisten op het ene vakgebied in diepgaande aanraking worden gebracht met deskundigen op andere vakgebieden. De universiteiten zouden kunnen leren van de industrie waar rotatie van onderzoekers veel gebruikelijker is. Een bijkomend voordeel van deze gebiedsgerichte mobiliteit is dat onderzoekers in de regel langer in staat zijn tot een vitale bijdrage aan de wetenschap, zoals de Raad in een eerder advies nader heeft beargumenteerd.²⁵

Algemeen is de indruk dat binnen de universiteiten de ruimte voor vernieuwing nu kleiner is dan vroeger. Dat is niet onlogisch. Aangezien promoties nu op jeugdiger leeftijd worden afgerond dan vroeger moet bij vernieuwing meer gebruik worden gemaakt van vervolgprojecten voor aio's en van andere groepen onderzoekers. Dit geldt zeker voor gebieden waar het vele jaren duurt voordat een dwars idee bewezen of weerlegd is. Dan is de duur van een promotieonderzoek en/of een postdoc-aanstelling te kort en moeten (ook) posities van U(H)D's worden benut. Dat geldt uiteraard ook als iemand van de vaste staf onbetreden paden wil inslaan. Het feit dat het aantal medewerkersplaatsen rond een leerstoel nu op verschillende vakgebieden zeer klein is, beperkt de mogelijkheden om ruimte te geven aan vernieuwers. De één of twee medewerkersplaatsen die een hoogleraar heeft, zal hij/zij niet snel beschikbaar stellen voor iemand die met hart en ziel aan een risicovolle vernieuwing werkt. De kans dat er niets uitkomt is levensgroot, met als gevolg dat de betrokken leerstoel een aderlating in het aantal publicaties laat zien. Zelfs als de kans op succes wel groot wordt ingeschat, is het risico groot. Het duurt immers geruime tijd voordat een kiem zodanig wortel heeft geschoten dat het via publicaties en citaties kan scoren. De kans dat de kiem tussentijds via visitaties is verstikt, is zeker niet uitgesloten. Naarmate de groep groter is, is het eenvoudiger om een onderzoeker tijdelijk uit de wind te houden. Anders gezegd, een bepaalde kritische massa is noodzakelijk om ruimte te kunnen scheppen voor risicovolle vernieuwing.

2.2.2 Samenwerking

Wat betreft de mogelijkheden voor privaat-publieke samenwerking treden binnen de bedrijfs-R&D belangrijke veranderingen op, zoals de verschuiving van onderzoek naar ontwikkeling.

²⁴De nadelen van instituutsvorming die de ontwikkeling van nieuwe gebieden belemmeren, kunnen zich ook voordoen bij de onderzoekscholen. Als het overgrote deel van het onderzoek binnen onderzoekscholen is ondergebracht, ontbreken de middelen om nieuwe gebieden te exploreren.

²⁵ *Onderzoek is mensenwerk; ruimte voor management van human resources*, AWT-advies nr. 22. Den Haag, juli 1995.

Over het geheel genomen lijken de Amerikaanse bedrijven het accent bij de R&D eerder van de R naar de D verschoven te hebben dan Europese ondernemingen. Binnen Europa is dit proces het langst zichtbaar in het Verenigd Koninkrijk. Momenteel treedt deze ontwikkeling ook in andere Europese landen op de voorgrond, zoals in Duitsland waar researchcoördinatoren en portefeuillehouders technologie in Raden van Bestuur niet worden opgevolgd of hun positie zelfs verliezen. Dat is althans het beeld dat ontstaat uit de veranderingen die zich voltrekken bij bedrijven als Siemens, Daimler Benz en Hoechst. In Nederland zijn dergelijke veranderingen de afgelopen jaren op de voorgrond getreden bij Shell en AkzoNobel.

Verschuivingen binnen de R&D

In het tijdschrift *Issues in Science and Technology*, het periodiek dat onder andere wordt verzorgd door de Amerikaanse Academies van wetenschappers en van ingenieurs, is in verschillende edities aandacht geschonken aan de verschuivingen binnen de bedrijfs-R&D. Geconstateerd wordt (Richard S. Rosenbloom en William J. Spencer, *The Transformation of Industrial Research*, Issues in Science and Technology, Spring 1996) dat IBM het R&D-budget in 1993 met 20% reduceerde, met als gevolg dat de atmosfeer van de 'IBM-universiteit' verdween. In die periode stond de ruimte voor fundamenteel onderzoek binnen het fameuze Bell-laboratorium onder druk vanwege de voortdurende reorganisaties bij AT&T. Het laboratorium van RCA zou alleen nog kunnen voortbestaan dankzij een toenemend aantal overheidsopdrachten.

In reactie op deze schets concludeerde Arno Penziaz van het AT&T-Bell laboratorium dat er een gezondere arbeidsdeling zou zijn ontstaan tussen toegepast en academisch doordat bedrijven dat laatste in toenemende mate aan universiteiten overlaten. Walter L. Robb van General Electric stelde dat de geschetste verschuivingen bedrijven dwingt om op de hoogte te blijven van de kennisontwikkeling binnen de universiteiten, zowel de Amerikaanse als de buitenlandse. Daartoe zouden bedrijven financieel betrokken moeten zijn bij universitair onderzoek. (Rubriek Forum, Issues in Science and Technology, Summer 1996).

Deze Amerikaanse geluiden wijzen in de richting van nieuwe perspectieven voor universiteiten; bedrijven vinden het belangrijk dat universiteiten tenminste een deel van hun vroegere inspanningen op het gebied van onderzoek overnemen en zijn daartoe bereid fondsen beschikbaar te stellen. Dat geldt ook voor Nederland waar verschillende grote bedrijven de budgetten voor uitbesteding van onderzoek hebben verveelvoudigd. Dat de ruimte voor het vrije onderzoek bij Shell is afgenomen en nadrukkelijker wordt geleund op het universitaire onderzoek, wordt betoogd door dr. P. Kwant, Group Research Advisor van Shell: *"Wij doen niet zoveel als vroeger aan fundamentele research, de aandacht is meer komen te liggen op toegepast onderzoek. Voor basisresearch gaan we meer te biecht bij universiteiten en instellingen"*. (Oscar Hofman, *Steun voor excellent onderzoek*, ShellVenster, september/oktober 1998.)

Bij Unilever is de toenemende uitbesteding van R&D goed zichtbaar in het budget voor onderzoek dat buitenshuis wordt uitgevoerd; dat budget is de afgelopen tien jaar in relatieve zin vervijfvoudigd van 2,5% naar 12% van de totale R&D.

bedrijven zoeken meer
samenwerking met universiteiten

In het kielzog van die verschuiving binnen de bedrijfs-R&D wordt in een aantal sectoren in toenemende mate gezocht naar samenwerking met universiteiten (zie kader). Onveranderd blijft dat de middelen die een onderneming voor R&D inzet een bijdrage moeten leveren aan de concurrentiekracht. Dat geldt ook voor het onderzoek dat bij derden wordt uitgevoerd. Omdat het bedrijfsleven bij deze R&D-samenwerking steeds nadrukkelijker mondiaal kijkt, is in toenemende mate sprake van een wereldwijde competitie tussen potentiële samenwerkingspartners. Gezien het relatief grote potentieel aan kennis bij bedrijven kan deze samenwerking grote voordelen opleveren voor de universiteiten. Het is derhalve in het belang van een kwalitatief goed ontwikkelde publieke kennisinfrastructuur dat Nederlandse universiteiten concurrerend zijn met buitenlandse zusterinstellingen. Die concurrentiekracht is ook van belang voor de opleidingen. Universiteiten die via samenwerking met bedrijven hun onderzoekskwaliteit verbreden en verdiepen, bieden studenten een goede leeromgeving. Als universiteiten goede studenten afleveren, is dat een gunstige vestigingsvoorwaarde voor bedrijven die op de betrokken gebieden mensen nodig hebben. Anders gezegd, het is van belang dat juist binnen disciplines die veel studenten trekken en/of waar het bedrijfsleven thans actief is, de omstandigheden voor samenwerking gunstig zijn. Aan de andere kant moeten bedrijven interne aanspreekpunten hebben voor universitaire onderzoekers. Echte samenwerking kan niet tot stand komen zonder pijlers aan beide zijden.

... bij voorkeur met universitaire
groepen met voldoende
kritische massa

Voor structurele samenwerkingsrelaties kijken bedrijven niet alleen naar de individuele kwaliteit van onderzoekers. De betrokken groep dient voldoende capaciteit in huis te hebben om internationaal zichtbaar te zijn, met zicht op continuïteit en mogelijkheid tot integratie van kennis uit verschillende vakgebieden. Kunnen Nederlandse universiteiten in deze opzichten concurreren met de internationale topinstellingen?

... biedt het universitaire
systeem daartoe de
mogelijkheid?

Om die vraag te kunnen beantwoorden, is de analyse uit hoofdstuk 1 van belang. Daar is geconstateerd dat bij de natuurwetenschappen tussen 1980 en 1995 veel nieuwe opleidingen van start gingen terwijl er nauwelijks of geen opleiding is gesloten. Er moest iets bij en er kon niets af, zo lijkt het. Als gevolg van het dalende aantal studenten is de formatie per vakgebied wel gekrompen, met als gevolg dat op het gebied van de wiskunde, fysica en chemie bij de algemene universiteiten gemiddeld 1,6 U(H)D's per leerstoel betrokken zijn. De technische universiteiten hebben bij deze vakgebieden gemiddeld 3,5 U(H)D's per leerstoel.²⁶

Vanwege het relatief kleine aantal medewerkersplaatsen per leerstoel bij met name de fysica en de chemie van de algemene universiteiten dringt de vraag zich op of de onderzoeksgroepen ieder voor zich voldoende kritische massa hebben voor samenwerking. Voor de fysica speelt die vraag al lang vanwege de schaal van het academisch onderzoek binnen grote delen van die discipline. Denk aan CERN.

²⁶Volgens de gegevens uit de meest recente visitatierapporten zijn er voor de wiskunde, fysica en chemie bij de algemene universiteiten in totaal 265 hoogleraren en 419 U(H)D's tegenover 121 hoogleraren en 421 U(H)D's bij de technische universiteiten.

Louter beschouwd vanuit het perspectief van de academische wetenschap treedt schaalgrootte bij de chemie minder op de voorgrond dan bij de fysica, maar beschouwd vanuit het perspectief op samenwerking met de bedrijfslaboratoria ligt dat anders. Op chemisch gebied heeft de industrie veel behoefte aan samenwerking met de universiteiten. En aangezien het veelal om grote, wereldwijd opererende bedrijven gaat, zal de voorkeur uitgaan naar samenwerking met een concentratie van onderzoeksgroepen die eveneens aan de maat is. Via onderzoeksscholen is sprake van een gecentraliseerde inzet van regionaal verspreide groepen, maar de Raad is er allesbehalve zeker van dat langs die weg op termijn valt te concurreren met de gerenommeerde Amerikaanse universiteiten als MIT en Stanford, met de Zwitserse ETH's in Zürich en Lausanne, met Britse universiteiten als Cambridge en Oxford²⁷, of met grote Scandinavische universiteiten als die van Kopenhagen en Helsinki.

2.3 Conclusie

Het universitaire bèta-onderzoek is in Nederland verspreid over veel instellingen die elk een tamelijk breed spectrum van het onderzoek bestrijkt. Dit resulteert in een totale 'nullast' die groter is dan voor het Nederlandse formaat efficiënt is. Via een grotere concentratie van het onderzoek kan de feitelijke 'nullast' kleiner worden met als gevolg dat een groter deel van de middelen kan worden ingezet voor een wetenschappelijke profilering en voor nieuwe onderzoeksgebieden.

β-onderzoek te veel verspreid over verschillende locaties

Het onderzoek blijkt onder andere gemeten via visitaties en aan de hand van citaties over het geheel genomen van heel goede kwaliteit te zijn. De ruimte voor vernieuwing buiten de bestaande kaders komt echter onder druk te staan, terwijl die ruimte essentieel is om kiemen te leggen voor gebieden die de komende twintig jaar tot sleuteltechnologie kunnen uitgroeien. Als gevolg van de egale verdeling van het onderzoek over relatief veel instellingen is er in Nederland binnen de afzonderlijke instellingen te weinig ruimte om een potentiële vernieuwer de vrijheid te geven om risicovolle, onbegane wegen in te slaan.

... daardoor te weinig ruimte voor vernieuwing

De versnippering heeft eveneens tot gevolg dat er in ons land te weinig kernen zijn die over voldoende volume beschikken om (in de nabije toekomst) aantrekkelijk te zijn als samenwerkingspartner van de grote R&D-verrichtende bedrijven, die een deel van hun fundamenteel-strategisch onderzoek in samenwerking met universiteiten (willen) uitvoeren.

²⁷Eerder is gewezen op Zwitserland dat via een geconcentreerde inzet van middelen een universiteit heeft met een budget van 1 miljard Sfr. Cambridge en Oxford komen ook in die richting met een totaalbudget van £ 300 miljoen per jaar. Desondanks maken deze instellingen zich zorgen of ze voldoende kritische massa hebben om de concurrentie met de Amerikaanse top-universiteiten te kunnen blijven volhouden.

... en onvoldoende
internationale zichtbaarheid

Om voldoende ruimte te scheppen voor wetenschappelijke vernieuwing, voor internationale zichtbaarheid en voor samenwerkingsmogelijkheden met het bedrijfsleven is het van groot belang dat binnen het domein van de β -wetenschappen in Nederland een indikking van de bestaande onderzoekscapaciteit optreedt. Via onderzoekscholen is een bundeling van krachten uit meerdere universiteiten mogelijk, maar via deze geografisch versnipperde centralisatie acht de Raad het moeilijk om op termijn te concurreren met universiteiten die op de betrokken gebieden een factor groter zijn dan de Nederlandse. Vis-à-vis-contacts, bilaterale inspiraties, gemeenschappelijk gebruik van bibliotheek en werkplaats, en de gezamenlijke benutting van kostbare apparatuur zijn wezenlijke winstpunten. Die (geconcentreerde) concurrentiekracht is van belang voor de internationale profilering en de laatste tijd wordt die concentratie ook steeds belangrijker voor samenwerking met de industrie die in toenemende mate voor het fundamenteel-strategisch onderzoek zijn heil zoekt bij de universiteiten.

Aanbevelingen

3

De internationale academische competitie met zijn belangrijke invloed op de economische bedrijvigheid vereist een vitaal onderwijs- en onderzoekssysteem. Grosso modo kan de kwaliteit van het Nederlandse onderwijs en onderzoek in de technische en natuurwetenschappelijke vakgebieden een internationale vergelijking prima doorstaan. Maar vitaliteit is meer dan kwaliteit. Het systeem moet ook in staat zijn om tijdig nieuwe ontwikkelingen op te pakken en daarbij zijn internationale zichtbaarheid kunnen handhaven. Dat alles moet plaatsvinden op een kosteneffectieve manier.

In de voorgaande hoofdstukken is geconcludeerd dat de vitaliteit in de knel komt doordat zowel het onderwijs als het onderzoek te sterk versnipperd zijn geraakt om voldoende ruimte te scheppen voor vernieuwing. Dat geldt met name voor de exacte wetenschappen aan de algemene universiteiten waar de infrastructuur nog is geënt op de jaren zeventig en tachtig, hoewel de studiekeuze van studenten en de maatschappelijke behoefte aan kennis sindsdien sterk zijn veranderd. Dat het onderwijs- en onderzoekssysteem geen tred heeft gehouden met de veranderingen van de laatste decennia houdt verband met de wijze van bekostiging. Het budget dat de universiteiten rechtstreeks van de minister krijgen voor zowel onderwijs als onderzoek is vrijwel volledig gebaseerd op de situatie aan het begin van de jaren tachtig.

Om te bevorderen dat universiteiten beter kunnen omgaan met veranderende omstandigheden is een ander bekostigingsmodel gewenst. Recent heeft de Raad bepleit dat zowel het onderzoeksbudget als het onderwijsbudget uit de eerste geldstroom in belangrijke mate worden gekoppeld aan het aantal afgestudeerde studenten.²⁸

verander bekostigingsmodel
universiteiten

Voor de technische en vooral de natuurwetenschappelijke gebieden is de situatie de afgelopen twintig jaar dusdanig scheef gegroeid, dat alleen een wijziging in het bekostigingsmodel onvoldoende zal zijn. Bij de exacte delen van de algemene universiteiten zijn verdere maatregelen nodig. In dit hoofdstuk gaat de Raad daar nader op in.

Toekomstig aantal zelfstandige opleidingslocaties

3.1

De huidige verdeling van mensen en middelen over een relatief groot aantal instellingen verdraagt zich binnen belangrijke delen van het β -domein niet met de bovengenoemde eisen. De Raad acht de egale uitsplitsing over zes algemene en drie technische universiteiten dermate nadelig dat hij een majeure verandering bepleit, gericht op een concentratie van de bestaande onderwijs- en onderzoekscapaciteit.

meer concentratie nodig in
onderwijs- en onderzoekcapaciteit

²⁸Hoofddlijnen Wetenschapsbeleid, AWT advies nr. 37. Den Haag, februari 1999. Ook de SER pleit hiervoor, zie *Hoger Onderwijs en Onderzoekplan 2000*, SER-advies 99/04, 16 april 1999.

Op grond van een globale beschouwing vanuit zowel het onderwijs als het onderzoek valt een indicatie te geven van de orde van grootte waarin het aantal zelfstandige en complete opleidingslocaties gereduceerd zou moeten worden.

- De huidige β -opleidingscapaciteit kreeg vorm in een tijd dat de instroom van studenten een hoogtepunt kende. De chemie kende een piek omstreeks 1970 terwijl rond 1980 de instroom bij de fysica relatief hoog was. In die topjaren waren er tweemaal zoveel eerstejaars als nu, hetgeen betekent dat er toen jaarlijks gemiddeld ongeveer tweemaal zoveel studenten per hoogleraar afstudeerden dan thans het geval is. Volgens de Raad was er in de jaren tachtig geen sprake van een te krappe hoogleraar-student relatie, zodat een terugkeer naar de toenmalige getalsverhouding reëel is. Halvering van het aantal zelfstandige opleidingslocaties leidt ertoe dat de gemiddelde instroom per locatie overeenkomt met de vroegere topjaren.

- Voor een niet unieke, zelfstandig levensvatbare opleiding acht de Raad het een vereiste dat gemiddeld tenminste dertig mensen afstuderen. Aangezien per opleidingslocatie minimaal tien leerstoelen nodig blijken te zijn, betekent dit minimum dat gemiddeld bij elke hoogleraar jaarlijks minimaal drie studenten afstuderen. Gelet op de huidige verdeling van de instroom en rekening houdend met de tussentijdse uitval blijft de meerderheid van de huidige opleidingen beneden dit minimum van dertig.²⁹ Een halvering van het aantal zelfstandige opleidingen voorkomt dat opleidingen structureel beneden dit minimum blijven en het scheidt ruimte om beduidend boven dit minimum uit te komen.

als richtsnoer: een halvering van het aantal zelfstandige opleidingslocaties voor de exacte wetenschappen

Zo bezien lijkt een halvering nodig van het aantal zelfstandige opleidingslocaties op het gebied van de wiskunde, fysica en chemie van de algemene universiteiten. Deze reductie is eerder een ondergrens dan een bovengrens; het houdt bijvoorbeeld geen rekening met het feit dat binnen de chemie en fysica *big science* naar verhouding meer op de voorgrond treedt dan bij de meeste andere vakgebieden; gelet op de aard van de fysica en chemie zou de gemiddelde omvang van onderzoeksgroepen eerder boven dan onder het algemeen universitair gemiddelde moeten liggen. En een jaarlijks gemiddelde van drie afgestudeerden per hoogleraar is eerder een lage dan een hoge ondergrens.

De voorgestelde concentratie zal de zichtbaarheid van de toekomstige opleidingslocaties vergroten waardoor de aantrekkingskracht op aankomende studenten zal stijgen. Voor die aantrekkingskracht is naast kwantiteit ook kwaliteit van belang. Om daadwerkelijk meer studenten te laten instromen, acht de Raad het noodzakelijk dat de opleidingen drastisch worden vernieuwd aangezien de arbeidsmarkt voor afgestudeerde bèta's de laatste decenia sterk is veranderd. De voorgestelde vergroting van de afzonderlijke opleidingslocaties is noodzakelijk om meer ruimte te scheppen voor vernieuwing van de opleidingen.

²⁹Het aantal eerstejaars per hoogleraar is 2.6 (zie tabel 2). Met een uitvalpercentage van 30% komt dit neer op 1.8 afgestudeerde per hoogleraar.

Voor het onderzoek sluit concentratie niet uit dat kleine groepen aan eigen thema's werken; dit is en blijft belangrijk omdat kleine groepen stimulerend kunnen zijn voor de creativiteit. Concentratie biedt juist de ruimte om met kleine groepen nieuwe onderwerpen te exploreren.

In dit advies heeft de Raad zich geconcentreerd op de exacte wetenschappen van de algemene universiteiten omdat daar de knelpunten het scherpst naar voren komen. Dat betekent echter niet dat gezocht moet worden naar oplossingen die zich tot die gebieden beperken. Binnen de algemene universiteiten vervagen de scheidslijnen tussen de exacte en de levenswetenschappen. Wat betreft de wiskunde, fysica en chemie vervagen de grenzen tussen de algemene en de technische universiteiten. Binnen deze vakgebieden krijgen de wetenschappers aan de algemene universiteiten de laatste jaren steeds meer oog voor de toepassingsmogelijkheden van hun onderzoek terwijl de technische wetenschappers steeds meer aandacht (moeten) schenken aan de fundamentele principes van hun vakgebied.

Kortom, er is een totaalplan nodig, waarbij naast de exacte wetenschappen van de algemene universiteiten ook de levenswetenschappen en de technische wetenschappen betrokken moeten worden. Bij dat totaalplan moet ook het onderzoek binnen de para-universitaire instituten worden meegenomen.³⁰

reorganisatie bezien in
samenhang met technische
universiteiten en PUI's

Varianten voor concentratie

Er zijn verschillende varianten denkbaar die leiden tot een halvering van het aantal zelfstandige opleidingslocaties.

- De bepleite halvering kan worden bereikt als verschillende universiteiten elk voor zich een of meer van hun β -opleidingen samenvoegen. Doordat verschillende universiteiten meerdere (of zelfs alle) β -opleidingen binnen één faculteit hebben ondergebracht, zal zo'n samenvoeging betrekkelijk eenvoudig zijn. Gelet op de bestuurlijke vindingrijkheid bestaat er een gereede kans dat zo'n operatie hoofdzakelijk boekhoudkundig van aard is, zoals het op papier samenvoegen van scheikunde en farmacie waarbij in de praktijk de afzonderlijke varianten gehandhaafd blijven. Dergelijke wegen leiden niet tot duurzame oplossingen voor de gesignaleerde problemen.
- De bovengeschetste operatie kan verder gaan dan een louter cosmetische aanpassing en uitmonden in één of meer zwaartepunten in combinatie met afstoting van andere delen. De ene universiteit houdt chemie over en sluit fysica, terwijl een andere universiteit voor een omgekeerd profiel kiest. Als elke universiteit deze weg zou bewandelen, ontstaan overal specialistische β -eilanden en verdwijnen de verbindende bruggen. Deze variant leidt zodoende tot een verarming van het totale onderwijsaanbod.

³⁰De AWT heeft eerder gepleit voor een nauwere koppeling van de para-universitaire instituten aan de universiteiten, zie *Advies inzake para-universitaire instituten*, AWT-advies nr. 20. Den Haag, februari 1995.

Er zijn ook grote nadelen voor het onderzoek, bijvoorbeeld omdat op de raakvlakken van verschillende disciplines opwindende wetenschappelijke ontwikkelingen plaatsvinden.

- Een gedeelte van de universiteiten zou kunnen opteren voor de bovengeschetste specialisatie terwijl een ander deel kiest voor een β -breed aanbod. Een voor de hand liggende invulling is dat de drie kleinste β -universiteiten zich specialiseren en dat de drie grootste het huidige opleidingspectrum behouden. In dit geval leidt het nettoresultaat niet tot een halvering van het aantal zelfstandige opleidingslocaties. Halvering wordt bereikt met twee β -brede universiteiten en vier instellingen die één specialistische β -opleiding overhouden.

Specialisatie zonder brede inbedding in een breder geheel roept vragen op naar de voeding vanuit andere vakgebieden. Soms is fysieke scheiding mogelijk, maar soms niet.

- In plaats van de bovengeschetste 3+3- c.q. 2+4-varianten is halvering mogelijk via de 3+0-variant; drie β -brede universiteiten en drie universiteiten waar de β -faculteiten volledig verdwijnen of teruggebracht worden tot een omvang die nodig is voor dienstverlening aan andere disciplines.

In de bovengenoemde varianten ligt het accent bij *concentratie* binnen de algemene universiteiten, hetgeen betekent dat de huidige scheiding tussen de technische en natuurwetenschappen blijft bestaan. Bovendien brengen deze varianten hoge transactiekosten met zich mee. Sluiting van complete β -clusters vraagt om een omvangrijke reservering om de wachtgelden te kunnen betalen. Bovendien leiden deze vormen van concentratie tot vernietiging van wetenschappelijk kapitaal. Om deze nadelen tenminste gedeeltelijk op te kunnen vangen, is het nodig om de onderwijs- en onderzoekscapaciteit van alle betrokken universiteiten in samenhang te bezien. De Raad noemt drie verschillende mogelijkheden.

- Om uiting te geven aan de toenemende interactie tussen de natuur- en de technische wetenschappen zouden de hierboven geschetste varianten bezien kunnen worden in samenhang met de capaciteit bij de technische universiteiten en de para-universitaire instituten. Vooral bij de derde en vierde variant schept de uitbreiding van de capaciteit bij de twee of drie 'overblijvende' β -brede algemene universiteiten ruimte voor nieuwe activiteiten in samenwerking met de technische universiteiten. Het nadeel van de hoge transactiekosten blijft bij deze uitwerking bestaan.

- Een goede mogelijkheid om de omvang van de transactiekosten te beperken, ziet de Raad in een bestuurlijke centralisatie van opleidingen. Onder bestuurlijke centralisatie verstaat de Raad het samenvoegen van verschillende opleidingen onder één centraal gezag.

Voor een deel vinden al ontwikkelingen plaats die kunnen uitmonden in een bestuurlijke centralisatie. Er worden voorbereidingen getroffen voor samenwerking tussen de beide Amsterdamse universiteiten, tussen Delft en Leiden, tussen Utrecht en Wageningen, tussen Nijmegen en Eindhoven. Als de gesprekken tussen bijvoorbeeld de universiteiten van Nijmegen en

Eindhoven tot de bestuurlijke centralisatie zouden leiden, zou dat kunnen betekenen dat er één faculteit komt voor wiskunde en de (technische) natuurwetenschappen die (voorlopig) gevestigd blijft in beide steden. Deze centralisatie vormt een eerste begin; drastischer stappen zijn nodig om op termijn tot de door de Raad gepropageerde eindtermen te komen.

- Naar Amerikaans voorbeeld zou een nieuw systeem voor het universitaire onderwijs opgezet kunnen worden, met als belangrijk kenmerk een differentiatie tussen *graduate* en *undergraduate* opleidingen. Binnen Europa worden verschillende initiatieven in die richting genomen, mede gestimuleerd door de zogenoemde ‘Sorbonneverklaring’ van de vier grote EU-landen.³¹ Inmiddels heeft dit initiatief een breder vervolg gekregen in de vorm van de Bolognaverklaring die is ondertekend door 29 Europese landen, waaronder ook Nederland. In het verlengde van deze verklaringen heeft de Onderwijsraad gepleit voor het creëren van de mogelijkheid voor het invoeren van *bachelor’s*-*master’s*-graden voor ons land.³²

Indien de bedoelde differentiatie binnen het Nederlandse hoger onderwijs wordt doorgevoerd, zou dat een goed aanknopingspunt bieden om de voorgestelde halvering van het aantal zelfstandige opleidingen te realiseren. Een mogelijke invulling is dat drie algemene universiteiten een *master’s*-opleiding verzorgen. Bij deze instellingen zou ook het leeuwendeel van het onderzoek geconcentreerd moeten worden. De *bachelor’s*-opleidingen zouden over een groter aantal instellingen verspreid kunnen blijven. Ontbrekende deskundigheid die voor een volwaardige opleiding nodig is, zou bij andere universiteiten ingehuurd kunnen worden.

Routes die tot concentratie leiden

3.3

De bovengenoemde varianten van concentratie, bestuurlijke centralisatie en differentiatie vertonen overlap. De Raad heeft met de opsomming niet de pretentie volledig te zijn. Er zijn ongetwijfeld andere varianten denkbaar. De vraag welke variant gekozen wordt, staat nu niet voorop. Momenteel gaat het om de conclusie dat er een majeure reductie van het aantal zelfstandige opleidingen nodig is. De Raad stelt voor dat de minister van OCenW de noodzaak tot concentratie in het HOOP aankondigt en daarbij zodanige contouren schetst dat een nadere invulling mogelijk wordt tijdens zijn ambtsperiode.

³¹ Joint declaration on harmonisation of the architecture of the European higher education system. By the four Ministers in charge for France, Germany, Italy and the United Kingdom. Paris, The Sorbonne, May 25, 1998.

³² Hoger onderwijs in internationale context, de Onderwijsraad. Den Haag, 31 mei 1999.

universiteiten zijn eerst
zelf aan zet

Om tot een nadere invulling te komen, zou de minister de universiteiten moeten verzoeken om met een voorstel te komen waarmee de problemen als gevolg van de verdunning worden bestreden. Voor een deel vinden al ontwikkelingen plaats in een of meer van de hierboven geschetste richtingen en treffen verschillende universiteiten bilaterale voorbereidingen voor samenwerking. Deze processen worden vooral door lokale overwegingen aangestuurd en zullen naar verwachting tot minder aanpassing leiden dan vanuit nationale optiek nodig is. De lat moet hoger worden gelegd.

Om een hogere sprong te kunnen realiseren, is samenspraak tussen de universiteiten nodig. Aangezien de VSNU een taak heeft met betrekking tot het overstijgende belang van afzonderlijke universiteiten, zou de VSNU een initiële rol kunnen spelen. De Raad stelt voor dat de betrokken universiteiten, onder regie van de VSNU, met een voorstel komen dat het totaal van de technische en natuurwetenschappen bestrijkt.

De Raad wil met dit voorstel niet bepleiten dat de VSNU met een totaalplan komt; het zijn de afzonderlijke universiteiten die uiteindelijk met plannen komen, al dan niet in samenwerking met andere universiteiten. De minister van OCenW moet toetsen of de voorstellen leiden tot

- onderwijs- en onderzoeksgroepen die voldoende massa hebben om internationaal goed zichtbaar te zijn en een attractieve partner kunnen vormen voor internationale samenwerking. Als uitgangspunt bepleit de Raad dat er in Nederland tenminste één universiteit of samenhangend bestuurlijk cluster ontstaat waarmee Nederland (op termijn) kan concurreren met internationale top-instellingen. Als referentiepunt kan de ETH-Zürich fungeren, een van de meest toonaangevende onderzoeksuniversiteiten van het Europese vasteland die wat betreft breedte vergelijkbaar is met de β -delen van een algemene en technische universiteit in Nederland samen, aangevuld met een deel van het onderzoek van de para-universitaire instituten en de gti's;
- onderwijs- en onderzoeksgroepen die met voldoende gewicht nieuwe ontwikkelingen kunnen oppakken. Als uitgangspunt zou de Raad willen noemen dat bij afzonderlijke opleidingen jaarlijks gemiddeld minstens dertig afgestudeerden moeten uitstromen en dat voor het totaal aan opleidingen op het gebied van de wiskunde, fysica en chemie jaarlijks gemiddeld minstens 125 studenten afstuderen. Deze aantallen zou de Raad willen hanteren voor het tweede deel van de doctoraal opleidingen (de afstudeerfase);
- het totale onderwijsaanbod moet een redelijke toegankelijkheid garanderen wat betreft de geografische spreiding en de keuzemogelijkheden in specialisatierichtingen;
- het geheel moet kosteneffectief zijn.

Met zijn voorstel om de VSNU in eerste instantie de regie in handen te geven, beoogt de Raad een solide draagvlak te creëren voor de implementatie van de concentratie en centralisatie binnen het β -domein. Pas als mocht blijken dat de universiteiten er gezamenlijk of elk afzonderlijk niet uitkomen, acht de Raad het opportuun om van bovenaf een voorstel te ontwikkelen. Alsdan zou een speciale commissie een plan kunnen invullen, aansluitend bij de eindtermen die de minister in aansluiting op het onderhavige advies formuleert. In plaats van een aparte commissie zou die taak ook bij de KNAW neergelegd kunnen worden. Zoals gezegd, die ‘commissie-oplossing’ is een laatste middel. Als om welke redenen dan ook blijkt dat de regisserende rol niet door de VSNU vervuld kan worden, zou de minister overleg kunnen voeren met de voorzitters van de Raden van Toezicht van de betrokken universiteiten om te bezien hoe het aspect van macro-doelmatigheid vorm kan krijgen in de besteding van de publieke middelen voor de universiteiten. Het is juist die macro-doelmatigheid die een leidraad moet vormen voor de infrastructuur van het onderwijs en onderzoek op het gebied van de exacte wetenschappen.

Reorganisatiebudget 3.4

De Raad wil met klem benadrukken dat de voorgestelde concentratie niet mag leiden tot een reductie van het budget voor het universitaire β -onderwijs en -onderzoek. Cruciaal is dat Nederland zijn vooraanstaande positie handhaaft en er binnen de universiteiten ruimte ontstaat om nieuwe ontwikkelingen op onderwijs- en onderzoekgebied te kunnen oppakken. Daarvoor moeten alle zeilen worden bijgezet.

Voor de bepleite concentratie acht de Raad op korte termijn wel extra middelen nodig zoals ook in het bedrijfsleven gebruikelijk is bij grote reorganisaties. Zonder die middelen zal het moeilijk worden om de noodzakelijke snelheid bij de aanpassingen te realiseren. Die snelheid is van belang om gebruik te kunnen maken van de toenemende mogelijkheden voor samenwerking met grote R&D-verrichtende bedrijven. Snelheid is ook geboden om ervoor te zorgen dat Nederland een of twee kandidaten heeft voor de kampioensliga van Europese universiteiten. Een derde reden om snelheid te betrachten is dat een relatief groot gedeelte van de docenten bij de te concentreren vakgebieden binnen afzienbare tijd met pensioen gaat. Als de concentratie op de golven van de natuurlijke uitstroom gerealiseerd kan worden, kunnen de totale transactiekosten beperkt blijven. Of de additionele financiering ook na voltooiing van de concentratie nodig is, valt nu niet te overzien. Die langetermijnvraag hoeft nu ook niet beantwoord te worden.

reorganisatie zonder
extra, tijdelijke
middelen duurt te lang

Adviesaanvraag **Strategie voor de technische en natuurwetenschappen**

Aanleiding

Het advies van de commissie-Verruijt en het OCV-rapport *Technologie voor Morgen* onderstrepen nog eens het belang van strategische keuzen voor opleiding en in samenhang daarmee het onderzoek in de technische en natuurwetenschappen. Verbetering van de maatschappelijke relevantie en de wetenschappelijke kwaliteit vereist een scherpe profilering per instelling, misschien wel over de grenzen van instellingen heen. De grote variaties in de vraag naar afgestudeerden op de arbeidsmarkt staat in schrille tegenstelling tot de geringe beroepsflexibiliteit van afgestudeerden uit de technische en natuurwetenschappen. De kloof tussen monodisciplinaire opleidingen en de op multidisciplinariteit gerichte beroepseisen vormt een reeds vaak gesignaleerd knelpunt, dat nog steeds op een goede aanpak wacht. Ook de uitkomsten van verkenningen op diverse terreinen van de technische en natuurwetenschappen (wiskunde, natuurkunde, chemie, informatica) wijzen er op dat aan het maken van scherpe keuzen in het onderzoek en het nemen van organisatorische en bestuurlijke maatregelen om deze keuzen ten uitvoer te brengen, niet te ontkomen valt. Verbetering en profilering van opleiding en onderzoek zal naar verwachting ook een positieve invloed hebben op de instroom van nieuwe studenten in deze wetenschapsgebieden. Voor de overheid is verder belangrijk dat er een adequaat inzicht ontstaat in de wijze waarop een bestuurlijk draagvlak voor de gewenste veranderingen tot stand kan komen. Belangrijk is in dit verband na te gaan welke initiatieven universiteiten en NWO zelf op een aantal terreinen nemen. In het *Wetenschapsbudget 1997* is hen immers expliciet gevraagd actie te ondernemen in vervolg op verkenningen in de wis- en natuurkunde en de chemie bijvoorbeeld.

Adviesvraag

Voortbouwend op het advies van de commissie-Verruijt en het OCV-rapport *Technologie voor Morgen* wordt de AWT gevraagd advies uitbrengen over

- de wijze waarop de maatschappelijke relevantie van natuurwetenschappelijke en technische opleidingen en onderzoek - onder meer naar voren komend uit verkenningen zoals die van de OCV - kan worden verbeterd;
- hoe e.e.a. zijn weerslag kan krijgen in profilering en strategievorming bij de instellingen;
- de mate waarin en de wijze waarop verdere profilering en versterking van de maatschappelijke relevantie invloed zal kunnen hebben op de gewenste toename van de instroom van studenten in deze wetenschapsgebieden;
- de wijze waarop een bestuurlijk draagvlak voor verandering en profilering gestalte kan krijgen.

Internationale vergelijking van onderwijsdeelname

In het advies heeft de Raad geconstateerd dat Nederland niet sterk afwijkt van andere landen wat betreft de relatieve belangstelling van studenten voor β -studies en wat betreft de verschillen in voorkeuren tussen mannen en vrouwen voor β -opleidingen. In deze bijlage worden beide punten nader toegelicht.

1. Relatieve belangstelling voor β -studies

Wat betreft de internationale vergelijking van de belangstelling voor β -studies zijn twee verschillende geluiden te horen. In het *HOOP 1998* wordt geschetst dat Nederland internationaal gezien een middenpositie inneemt.

Daartegenover staan vergelijkingen waarin Nederland zeer sterk achterloopt bij andere landen wat betreft het aantal β -studenten. Eerst wordt nagegaan hoe deze verschillen in conclusies over de relatieve β -belangstelling te verklaren zijn. Vervolgens wordt op basis van nationale statistieken een vergelijking gemaakt tussen Nederland, Duitsland en Zwitserland.

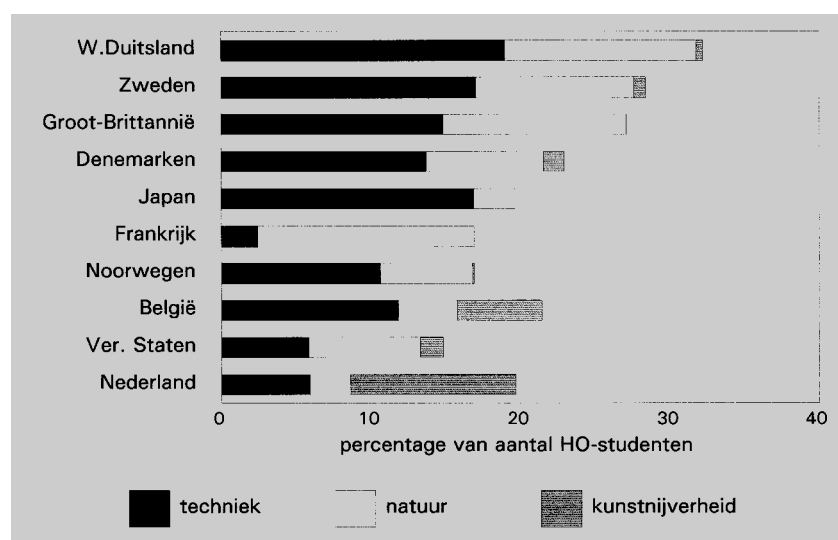
1.1 Vergelijkingen op basis van internationale databanken

Zoals in het advies is geconstateerd, is de relatief geringe β -belangstelling van de Nederlandse student scherp verwoord door de commissie-Verruijt die becijferde dat het percentage techniekstudenten in Duitsland een factor drie hoger ligt dan in ons land. Deze typering is ontleend aan de editie 1996 van de CBS-publicatie *Kennis en Economie*. Het CBS heeft voor de internationale vergelijking geen eigen gegevens benut maar geput uit de editie 1995 van *Hoger Onderwijs in Cijfers*, een publicatie van het ministerie van OCenW.¹ De gegevens over de internationale situatie in deze OCenW-publicatie zijn ontleend aan de UNESCO. Tegenwoordig zijn (veel) rapporten van de OESO en EUROSTAT eveneens op de UNESCO-bestanden gebaseerd, met als gevolg dat de door het CBS gegeven schets over de relatieve belangstelling voor β -opleidingen onder Nederlandse studenten allesbehalve uniek is.

¹ De detailtabellen uit deze editie vormen de meest recente complete publicatie over de deelname in het Nederlandse HBO en WO. Sinds 1995 wordt de informatie over de deelname aan het universitaire onderwijs door de VSNU verspreid. De uitsplitsing naar opleidingen blijft beperkt tot de grofmazige indeling in HOOP-gebieden. Om een beeld te krijgen van recente ontwikkelingen is voor het advies gebruik gemaakt van (niet-gepubliceerde) cijfers van het CBS. In deze bijlage worden de cijfers gebruikt uit de genoemde OCenW-publicatie.

In totaal onderscheidt de UNESCO 18 verschillende vakgebieden, inclusief een rest categorie.² Voor Nederland maakt de UNESCO geen onderscheid tussen het HBO en het WO, hetgeen impliceert dat het gehele hoger onderwijs in Nederland in beschouwing is genomen. In afbeelding 1 zijn de voor Nederland relevante β -gebieden weergegeven. Het linker (zwarte) gedeelte van de staven geeft het percentage studenten binnen de categorie 'technische wetenschappen'. Voor Nederland is dat minder dan 6% en voor Duitsland 19%; het genoemde verschil van een factor 3 heeft betrekking op deze kolom. Als we de natuurwetenschappen ook in beschouwing nemen, verandert het beeld niet sterk; Duitsland is koploper en Nederland is hekkensluiter.

Afbeelding 1: verdeling over bèta-gebieden
(als percentage van het totaal-hoger onderwijs)



Bron: *Kennis en Economie 1996*, CBS 1996

In Nederland omvatten de categorieën de volgende delen van het β -domein:

- techniek: ingenieursopleidingen van de technische universiteiten
- natuur: β -opleidingen van de algemene universiteiten
- kunstnijverheid: HBO-techniek

² Het betreft de gebieden Onderwijs, Gedrag en Religie, Kunst, Recht, Sociale & Gedragswetenschappen, Bedrijfskunde & -administratie, Massacommunicatie & Documentatie, Huishoudkunde, Dienstverlening, Natuurwetenschappen, Wiskunde & Informatica, Medische wetenschappen, Technische wetenschappen, Architectuur, Handel & Kunstnijverheid & Industriële planning, Transport & Communicatie, Landbouw & Visserij en de categorie Andere. In de grafiek zijn de Natuurwetenschappen en de Wiskunde & Informatica samengenomen onder de rubriek Natuur en zijn de Architectuur en de Technische wetenschappen tot Techniek gerekend.

Een nadere beschouwing van de UNESCO-statistieken maakt duidelijk dat de voor Natuur en Techniek genoemde aantallen studenten sporen met de aantallen studenten binnen het universitaire deel van de HOOP-gebieden Natuur en Techniek. Dit betekent dat het HBO-gedeelte van het HOOP-gebied Techniek bij een andere categorie is ingedeeld. Raadpleging van de UNESCO-data leidt tot de conclusie dat HBO-techniek is ondergebracht binnen de categorie Handel, kunstnijverheid/industriële planning. De naamgeving van die categorie doet vermoeden dat het veeleer om het economisch gedeelte van het HBO gaat, maar gelet op de omvang van andere categorieën kan dat niet of nauwelijks het geval zijn. Voor andere landen is de categorie van de kunstnijverheid veel kleiner of zelfs geheel leeg, zoals de figuur laat zien.³

Aangezien het niet mogelijk is binnen de UNESCO-gegevens een onderscheid te maken tussen het HBO en het WO moeten we de categorie 'kunstnijverheid' meenemen om voor Nederland een zinnige vergelijking te kunnen maken. Tellen we de categorieën technische wetenschappen, natuurwetenschappen en kunstnijverheid samen, dan telt ons land ongeveer 20% β -studenten, hetgeen een middenpositie oplevert. Duitsland blijft met een score van 33% onveranderd koploper. De conclusie dat Nederland een middenpositie inneemt, correspondeert met de conclusies uit het HOOP 1998. Daar blijkt de conclusie getrokken te zijn op basis van nationale vergelijkingen die door het CSHOB zijn gemaakt.

In aansluiting op de landenvergelijkingen voor het HOOP heeft het CSHOB op verzoek van de AWT een nadere vergelijking gemaakt ter voorbereiding op dit advies.⁴ Ook op basis van de nationale statistieken is het echter vaak moeilijk om een betrouwbare vergelijking te maken. Daarvoor blijken de onderwijssystemen te veel van land tot land te verschillen. En wat belangrijker is, de afbakening van de gebieden blijkt allesbehalve eenduidig. Elk land heeft zo zijn eigen indeling in "HOOP"-gebieden.

3 Dat het Nederlandse technisch HBO 'afwijkend' is ingedeeld, is vanuit mondiaal perspectief niet geheel onbegrijpelijk. Bij de UNESCO-indeling gaat het namelijk niet om techniek, maar om technische wetenschappen. Aangezien het HBO nauwelijks of geen onderzoek doet, gaat het daar niet om wetenschappelijk onderwijs. In veel andere landen is het beroepsgerichte deel van het Hoger Onderwijs relatief klein of zelfs geheel afwezig. Duitsland en Zwitserland hebben wel een technische sector op HBO-niveau, maar de *Fachhochschulen* lijken veel sterker tegen de wetenschap aan te leunen dan de Nederlandse HBO's. Niet alleen vanwege de ruimte voor onderzoek, maar ook wat betreft de wetenschappelijke kwalificatie van de docenten; die zijn (veel vaker) gepromoveerd en een deel van het docentenkorps draagt de titel van professor.

4 Frans Kaiser, Sandra de Lange, *Studeren wat (erna)?* Interne publicatie, CSHOB, Universiteit Twente, juni 1997.

1.2 Vergelijking met Duitsland en Zwitserland

Om toch een beter beeld te krijgen, heeft de Raad ervoor gekozen om Nederland te vergelijken met Duitsland. De keuze voor Duitsland is door drie overwegingen ingegeven. In de eerste plaats het relatief grote contrast met Nederland; als Nederland op β -gebied ergens een afwijking mee vertoont, lijkt dat met Duitsland te zijn, gelet op de boventoon die Duitsland volgens afbeelding 1 op β -gebied voert.

De tweede overweging betreft de relatief grote overeenkomsten in het onderwijsstelsel; beide landen kennen aparte technische universiteiten en in beide landen is het hoger beroepsonderwijs relatief sterk ontwikkeld. De derde reden betreft de grote mate van detaillering in de Duitse statistieken waardoor clusters van disciplines gemaakt kunnen worden die overeenkomen met de Nederlandse indeling in HOOP-gebieden.

Niet in alle internationale vergelijkingen staat Duitsland bovenaan wat betreft het percentage β -studenten in een recente schets van de OESO staat Duitsland bijvoorbeeld op de tweede plaats achter Finland waar ongeveer 40% van de afgestudeerden een β -opleiding heeft⁵ maar in alle gevallen is wel sprake van een relatief hoge score.

Een vergelijking op basis van nationale statistieken is voor het universitaire deel van het hoger onderwijs beter mogelijk dan voor de hogescholen. Daarom beperkt de Raad zich hier tot het universitaire deel.

Zoals opgemerkt, verschilt de indeling in "HOOP"-gebieden van land tot land. Dat verschil geldt ook voor Nederland en Duitsland. Zo wordt de psychologie en de pedagogiek in Duitsland samen met de letteren tot de geesteswetenschappen gerekend. De maatschappijwetenschappen worden met de rechtswetenschappen in één categorie gebundeld. Deze verschillen in afbakening treden ook op binnen de technische en natuurwetenschappen. Algemeen gesproken worden in de Duitse statistieken meer vakgebieden tot het β -domein gerekend dan in Nederland het geval is, waarmee de verschillen die uit de afbeelding spreken voor een deel verklaard zijn. Zo worden vakken als econometrie en ruimtewetenschappen in Duitsland bij de wiskunde en natuurwetenschappen geteld terwijl ze in Nederland buiten het HOOP-gebied Natuur vallen. Ook vallen grote delen van het Nederlandse HOOP-gebied Landbouw in Duitsland onder Techniek.

⁵ *Education at a Glance, OECD Indicators 1998*, OESO. Parijs, 1998 (p. 194). De Finse score lijkt niet geheel los gezien te kunnen worden van de wijze van selectie. In Finland hanteren universiteiten toelatingseisen; de kans op toelating is bij techniek driemaal zo hoog als bij niet- β -vakken; 75% tegenover 25%. Bij de vooraanmeldingen ligt het accent veel minder bij β -richtingen; van het totaal aantal aanmeldingen heeft ongeveer 15% betrekking op de natuurwetenschappen en 8% op techniek. De cijfers over de aanmeldingen bevatten dubbelstellingen doordat studenten zich bij meerdere universiteiten en studierichtingen kunnen aanmelden. Het lijkt waarschijnlijk dat de neiging tot dubbele aanmelding toeneemt naarmate de kans om te slagen daalt. Dit zou kunnen betekenen dat Finland bij een volledig vrije studiekeuze minder afwijkt van hetgeen in andere landen gebruikelijk is.

Bron: *Finnish Universities 1997*. Ministry of Education, Helsinki, Finland 1997.

Daar staat tegenover dat in Duitsland een vak als technische bestuurskunde - met een aandeel van 10% een middelgroot vakgebied binnen de Nederlandse TU's, vergelijkbaar met de omvang van de technische fysica en met de chemische technologie - ontbreekt in de sector Techniek.

Een specifiek punt betreft de afbakening tussen Techniek en Natuur. In Nederland worden de ingenieursopleidingen op het gebied van de wiskunde, informatica, fysica en chemie bij het HOOP-gebied Techniek geteld, terwijl deze vakgebieden in Duitsland niet voorkomen binnen het domein van de technische wetenschappen. Ook in andere landen lijken fysica en chemie volledig tot de natuurwetenschappen gerekend te worden, ook als het gaat om opleidingen aan technische instellingen. De afwijkende indeling van Nederland houdt verband met de tweedeling tussen algemene en technische universiteiten. In veel landen bestaan geen aparte technische universiteiten, en als dat wel het geval is, zoals in Duitsland, bestrijken ze een veel breder terrein van de β -wetenschappen; ze verzorgen veelal opleidingen over het gehele spectrum van de natuurwetenschappen, inclusief de theoretische delen daarvan. Aangezien het niet mogelijk is op basis van de Duitse statistieken een onderscheid te maken tussen de algemene en technische varianten, zijn voor de onderlinge vergelijking de opleidingen van de Nederlandse TU's op het gebied van de wiskunde, informatica, fysica en chemie bij het HOOP-gebied Natuur geteld. Als we de gebieden aldus afbakenen, is ook een vergelijking mogelijk met Zwitserland waar de indeling sterk lijkt op die van Duitsland.

Als we de grootste gemene deler van het β -onderwijs vergelijken, komen de Duitse universiteiten op 30% β -studenten en de Nederlandse op 24%.⁶ De tabel bevestigt daarmee dat Nederland in vergelijking met Duitsland relatief weinig β -studenten heeft, maar het verschil is kleiner dan de afbeelding suggereert, en bedraagt zeker geen factor drie. Aangezien Duitsland in vergelijking met andere landen relatief veel β -studenten telt, lijkt het niet onwaarschijnlijk dat de verschillen met andere landen kleiner zijn dan uit de tabel naar voren komt. Zoals gezegd, zijn dergelijke vergelijkingen vaak moeilijk te maken. Een land dat wat betref het onderwijssysteem relatief sterk op Nederland en Duitsland lijkt, is Zwitserland. Ook dat land kent een tweedeling tussen algemene en technische universiteiten en tussen universitair en hoger beroepsonderwijs, zij het dat de *Fachhochschulen* naar verhouding kleiner zijn dan de Nederlandse HBO's. In de tabel scoort Zwitserland met 26% tussen Nederland en Duitsland.

⁶ Aangezien in Duitsland de gemiddelde studieduur relatief lang is zeker ook voor β -studies kan het feitelijke verschil nog wel kleiner zijn.

Tabel 1: Belangstelling β -studies in Nederland, Duitsland en Zwitserland, als % aantal universitaire studenten

Studierichting	Nederland	Duitsland	Zwitserland
Wiskunde en Informatica	3,0	5,5	3,0
Natuur- en sterrenkunde	1,9	2,8	2,3
Scheikunde	2,7	2,8	1,5
Farmacie	1,0	1,1	1,5
Biologie	2,1	3,5	5,5
Geologie	0,8	1,1	1,1
Overige Natuurwet.	0,2	0,2	0,0
Totaal Natuur	11,8	17,0	15,0
Landbouw	3,0	1,8	1,1
Bouwkunde	2,0	1,5	2,8
Civiele techniek	1,0	2,3	1,0
Elektrotechniek	1,4	2,6	1,8
Werktuigbouw	1,9	3,9	1,8
Overige techniek	2,5	1,0	2,3
Totaal Techniek (inclusief Landbouw)	11,9	13,1	10,8
Totaal % β-studenten	23,6	30,1	25,8

Bronnen:

Nederland: *Hoger Onderwijs in Cijfers 1995*, detailtabellen, ministerie van OCenW.

Duitsland: *Studierende an Hochschulen*, Wintersemester 1994/1995, Statistisches Bundesamt.

Zwitserland: *Studierende an den schweizerischen Hochschulen*, Bundesamt für Statistik, 1997/1998.

2. Relatieve belangstelling van vrouwen voor β -studies

Het CSHOB heeft in de gememoreerde studie ook gekeken naar de arbeidsmarktpositie van afgestudeerden en het percentage vrouwen bij de verschillende studierichtingen. Wat betreft de arbeidsmarkt zijn nog moeilijker vergelijkingen te maken dan bij de verdeling over de studierichtingen. Vaak worden geen gebiedsgerichte cijfers verzameld en als dat zo is, is sprake van zodanige indelingen dat het zeer moeilijk is om op basis van de gegevens de situatie in Nederland te vergelijken met die in andere landen. Wat betreft de deelname van vrouwen gelden in principe dezelfde problemen als bij de vergelijking van de relatieve omvang van de verschillende studierichtingen. Hier vormen verschillen in afbakening van vakgebieden echter een minder groot probleem; of men bijvoorbeeld econometrie nu wel of niet bij de wiskunde telt, zal niet tot grote verschillen leiden in het percentage vrouwen in de wiskunde.

Tabel 2: percentage vrouwelijke studenten
vergelijking tussen landen en vakgebieden

	NL	gem. D	Vlaan- deren	F	UK	Australië	Zweden	Japan
geesteswet.	66	64	62	73	60	68	59	67
kunst	55	59	59	46	59		63	66
natuurwet	34	35	32	36	38	38	39	36
techniek	15	17	15	17	30	16	14	21
landbouw	35	39	48	33	46	33		34
gezondheid	69	62	48	67	59	72	78	47
economie	38	38	33	48	52	18	41	
rechten	51	46	43	49		45		
sociale wet.	72	47	64	63	49		36	22
onderwijs	69	66	57	75	67	72		57
TOTAAL	48	46	41	52	45	53	55	32

Bron: CSHOB

In de derde kolom is het rekenkundig gemiddelde gegeven van percentages in de verschillende landen waar voor het betrokken gebied gegevens beschikbaar zijn. Nederland is bij de berekening van het gemiddelde niet meegeteld.

Uit tabel 2 blijkt dat studies die in Nederland relatief veel vrouwen trekken, elders veelal ook een relatief hoge belangstelling van vrouwen kennen. Anderzijds zijn studies waarvoor zich in Nederland weinig vrouwen inschrijven, zoals de technische wetenschappen, ook in het buitenland weinig populair bij vrouwen. Nederland en vier van de zeven andere landen wijken niet significant af van het gemiddelde. Uitschieters zijn Frankrijk met een zeer hoge en Japan met een zeer lage instroom van vrouwen in de technische opleidingen. Bij Japan kan dat verschil verband houden met de totaal andere cultuur, alsmede met de sterk afwijkende inrichting van het Hoger Onderwijs. Een afwijkende inrichting van het hoger onderwijs zou ook een rol kunnen spelen bij de relatief hoge percentage vrouwelijke techniek-studenten in Frankrijk. In Frankrijk staan niet de universiteiten maar de *grandes ecoles* op het hoogste opleidingsniveau. Vanwege die afwijkende inrichting van het hoger onderwijs is ook het middelbaar onderwijs anders ingericht. Overigens mag uit de tabel niet zonder meer worden geconcludeerd dat Frankrijk feitelijk ook hoog scoort; in elk geval past de kanttekening dat de Franse indeling in vakgebieden zodanig afwijkt, dat verschillen in gebiedsindeling een rol kunnen spelen.

Uit tabel 2 komt naar voren dat de Nederlandse score wat betreft het percentage vrouwen binnen de technische en natuurwetenschappen weinig verschilt van hetgeen in de meeste andere landen gebruikelijk is. Er zijn weliswaar verschillen naar boven en beneden, maar die zijn zo klein dat afwijkende gebiedsindelingen de oorzaak zijn. Als voor Duitsland en Nederland de 'corresponderende' gebiedsindeling uit tabel 1 wordt toegepast, zijn de percentages vrouwelijke studenten in beide landen bijna tot op de eerste decimaal identiek. Bij Natuur bestaat in Duitsland 32,9% van de studenten uit vrouwen, tegenover 32,8% in Nederland. Bij Techniek is in beide landen 16,1% van de studenten vrouw.

