

Inleiding

Onderzoek naar de ontwikkeling van wetenschapsgebieden is historisch en sociologisch van aard: het gaat om ontwikkelingen in de tijd van menselijke activiteiten met een belangrijke sociale component. Dergelijk onderzoek heeft te kampen met de omstandigheid dat de grenzen van de wetenschapsgebieden niet vast liggen: niet alleen veranderen ze in de tijd, er zijn bovendien verschillende niveaus aan te geven, van researchgebied, via specialisme en sub-discipline naar discipline en wetenschap (het laatste in de zin zoals men spreekt van natuurwetenschap en sociale wetenschap), waarvan de afbakening voor verschillende groepen verschillend is.

Pogingen om een indeling te maken gebaseerd op het (ken)object¹ van wetenschapsgebieden falen, omdat de gebieden zich ontwikkelen, bijvoorbeeld wanneer technische vooruitgang tot ontsluiting van nieuwe delen van de werkelijkheid leidt, of wanneer nieuwe benaderingswijzen ontstaan (bijvoorbeeld informatietheorie). Elke indeling is dus een momentopname, waarin bovendien keuzes verwerkt zijn welke ontwikkelingen wel, en welke ontwikkelingen geen betekenis hebben. Een indeling naar (ken)object weerspiegelt dan ook een bepaalde opvatting hoe het bouwwerk der wetenschappen in elkaar zit.² Bij oude, verouderde indelingen springt dit direct in het oog, maar het geldt evenzeer voor de huidige indelingen.

In een aantal gevallen is men om organisatorische redenen gedwongen een indeling te maken en zich er enige tijd aan te houden, bijvoorbeeld in bibliotheken (catalogusindeling en terugzoeken van informatie), in universiteiten (indeling van faculteiten en subfaculteiten, tegenwoordig ook vakgroepen) en in adviserende en financierende instanties (bijvoorbeeld Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen, Stichting Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek). Bij dergelijke indelingen zullen tradities en toevallige omstandigheden een grote rol spelen; bij het opzetten van de indeling wordt meestal wel gebruik gemaakt van een al dan niet verouderde indeling naar kenobject. Omgekeerd is het voor een wetenschapsgebied nuttig een bepaalde zelfstandigheid te bereiken (bijvoorbeeld voor financiering, interne verdeling van gelden) en worden regelmatig pogingen gedaan de bestaande indelingen te veranderen, waarbij argumenten van allerlei aard gebruikt worden.

In de wetenschapssociologie en wetenschapsgeschiedenis werkt men in het al-

gemeen met de afbakeningen die op het moment (nu, of in de periode waarop het onderzoek zich richt) gebruikelijk zijn. Er zijn wel voorstellen gedaan om de verschillende niveaus te onderscheiden door een specifieke, wetenschapssociologische terminologie in te voeren.³ Opnieuw geldt dat zo'n terminologie een bepaalde opvatting weerspiegelt over hoe het wetenschapssysteem functioneert en hoe de wetenschap zich ontwikkelt.

Waarom ondanks deze bezwaren toch met afbakeningen van wetenschapsgebieden gewerkt wordt, vindt zijn oorsprong in het feit dat de verschillende afbakeningen (discipline, specialisme, etc.) en de organisatorische aspecten ervan het milieu vormen waarin de wetenschap zich ontwikkelt en waardoor deze ontwikkeling mede bepaald wordt; afgebakende wetenschapsgebieden zijn een belangrijke intermediaire variabele in de wisselwerking tussen wetenschap en samenleving.

In dit overzicht van onderzoeksmethodes zal uitgegaan worden van de ontwikkeling van researchgebieden, ruw gedefinieerd als de kleinste onderdelen die als een eenheid beschouwd kunnen worden. Specialismes en disciplines zijn groepen van researchgebieden die door hun grotere omvang en organisatorische aspecten een tragere ontwikkeling hebben, maar ook herkenbaarder zijn voor de buitenstaander.⁴ De term 'wetenschapsgebied' zal als een neutrale omschrijving van een mogelijke of feitelijke afbakening gebruikt worden.

Voor de ontwikkeling van researchgebieden kan een standaardbeeld gegeven worden (in §1), gebaseerd op recent wetenschapssociologisch onderzoek met nadruk op het traceren van de ontwikkeling in de tijd.⁵ Verfijningen en modificaties van het standaardbeeld blijken nodig te zijn om alle schakeringen van ontwikkelingen recht te doen (§2); hierdoor ontstaat de indruk dat het standaardbeeld eigenlijk niet standaard is, maar zelf ook een bijzonder geval. In principe moet het historisch onderzoek recht kunnen doen aan een dergelijke verscheidenheid (§3), mits men zich niet beperkt tot een interne, haast antiquarische geschiedschrijving.

§1. Het standaardbeeld van ontwikkeling van een wetenschapsgebied

De ontwikkeling van een wetenschapsgebied begint op een moment dat het nog niet of nauwelijks als een afzonderlijk gebied functioneert, bij voorbeeld zoals in het volgende citaat over ecologie in de 19e eeuw: 'Nineteenth-century ecological problems drew investigators from many biological disciplines. Often social needs defined ecological problems and may have helped focus the investigator's attention on specific goals. For example, the ecological community concept was first stated by a natural historian who was trying to improve the oyster fisheries. Another aspect of nineteenth-century ecology is that significant research problems and appropriate methodology had not been agreed upon, this resulted in disputes between scientists of different backgrounds working on similar ecological problems.'⁶

Naast deze intellectuele heterogeniteit is ook de sociale situatie van een wetenschapsgebied in aanzet heterogeen: er zijn geen speciale onderzoeks-instituten en universitaire opleidingen, er zijn geen afzonderlijke publikatie- en financieringskanalen.

De kenmerken van een volwassen wetenschapsgebied zijn door contrapositie ⁷ af te leiden uit de 'gebreken' van de beginfase:

— de te onderzoeken problemen moeten voor een belangrijk deel vanuit het wetenschapsgebied zelf geformuleerd worden, dat wil zeggen er moet een interne dynamiek zijn;

— er moet enige overeenstemming, in elk geval bij de direct betrokkenen zijn, over wat belangrijke en onbelangrijke problemen, passende en onge-schikte methodes zijn, dat wil zeggen er moet een gezamenlijke researchstrategie zijn;⁸

— er moet een sociale 'locus' ⁹ zijn voor het wetenschapsgebied waardoor het herkenbaar is en continuïteit verzekerd is.

De overgang van het wetenschapsgebied in aanzet naar een volwassen wetenschapsgebied is een proces van groei en institutionalisering¹⁰, zowel intellectueel als sociaal. Dit proces kan gevolgd worden aan de hand van verschillende indicatoren als aantallen gepubliceerde artikelen (zie figuur 1) of aantallen onderzoekers (zie figuur 2). In het algemeen ontstaan dan groei-curves die S-vormig zijn als cumulatieve aantallen worden uitgezet (als in figuur 2) en een piek vertonen als aantallen per jaar worden uitgezet (als in figuur 1).

Dergelijke curves komen bij vele biologische groeiverschijnselen voor, en zijn vaak goed weer te geven met de formule voor logistische groei:

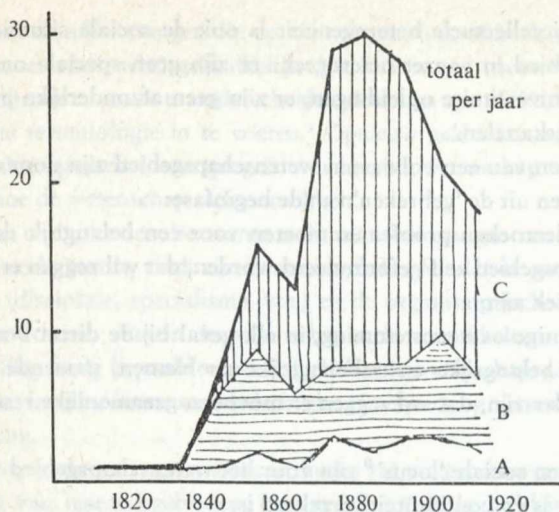
$$n(t) = n(\infty) / (1 + \exp(-a(t-t^{1/2}))),$$

waarin $n(t)$ het cumulatieve aantal op tijdstip t aangeeft, $n(\infty)$ het verzadigingsaantal (wanneer er niets meer bijkomt), a een parameter is die de snelheid waarmee het verzadigingsniveau bereikt wordt bepaalt, en $t^{1/2}$ het tijdstip waarop de ontwikkeling halverwege is. Differentiatie van deze formule naar t geeft de formule voor aantallen per jaar, welke te schrijven is als:

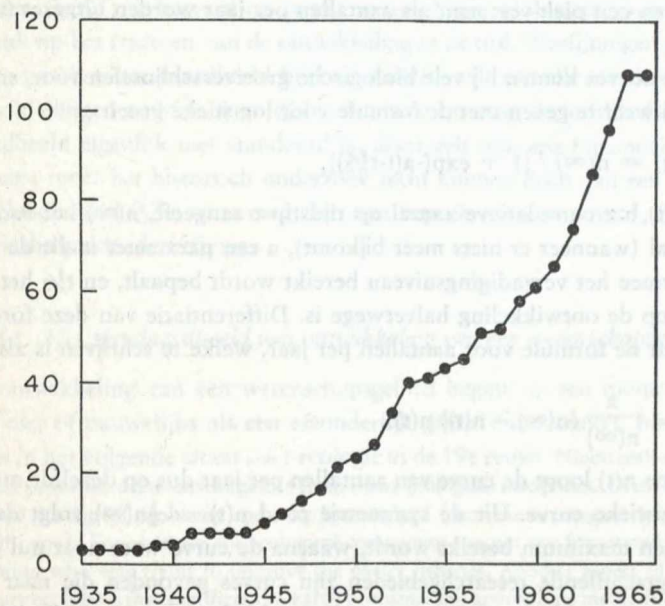
$$\frac{d}{dt} n(t) = \frac{a}{n(\infty)} (n(\infty) - n(t)) n(t).$$

Voor kleine $n(t)$ loopt de curve van aantallen per jaar dus op dezelfde manier als de logistische curve. Uit de symmetrie rond $n(t) = \frac{1}{2}n(\infty)$ volgt dat bij $t = t^{1/2}$ een maximum bereikt wordt, waarna de curve weer naar nul gaat.

Voor verschillende researchgebieden zijn curves gevonden die naar verzadiging toegaan. Voor grotere wetenschapsgebieden, met name disciplines, zijn aantallen publikaties (en vermoedelijk ook aantallen onderzoekers) te

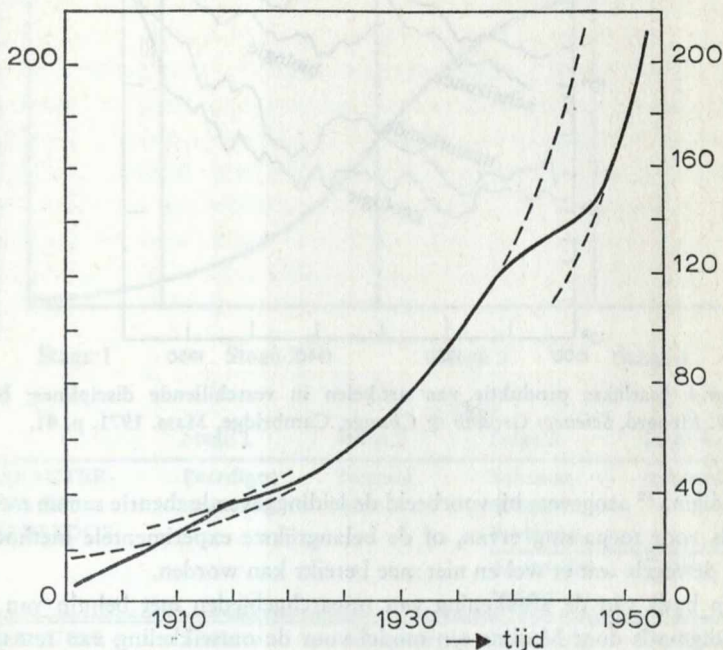


Figuur 1: Gemiddelde aantallen publikaties per jaar op het gebied van de wiskundige theorie van determinanten. De gemiddelden zijn berekend per decade, om de grote fluctuaties van jaar tot jaar kwijt te raken: de publikaties zijn onderverdeeld in nieuwe ideeën en resultaten (A), toepassingen, historische studies en leerboeken (B), en weinigzeggende artikelen en herhalingen (C). Bron: K. O. May, 'Growth and quality of the mathematical literature', *Isis* 59 (1968), p. 363-371.



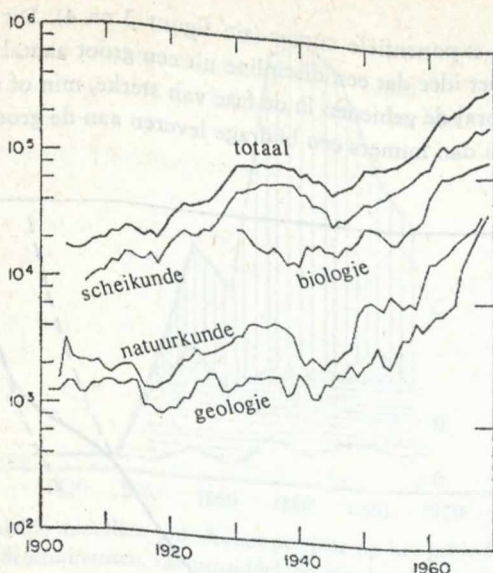
Figuur 2: Cumulatieve aantallen van nieuwe auteurs per jaar op het gebied van bacteriofaag-onderzoek. Bron: Diana Crane, *Invisible Colleges, Diffusion of Knowledge in Scientific Communities*, Chicago 1972, p. 177.

beschrijven met exponentiële curves (zie figuur 3 en 4). Dit is in overeenstemming met het idee dat een discipline uit een groot aantal researchgebieden bestaat: vooral de gebieden in de fase van sterke, min of meer exponentiële groei zullen dan immers een bijdrage leveren aan de groei van de discipline als geheel.



Figuur 3: Aantal natuurkundige artikelen (in duizendtallen) gepubliceerd tussen 1900 en 1955. De stippellijnen rond 1940 corresponderen met verdubbeling iedere 15 jaar. Bron: E. Boeker, *Natuurwetenschap en techniek, een weg naar Utopia?*, Assen 1975, p. 24.

Criteria voor welke artikelen en welke onderzoekers tot een researchgebied behoren zijn niet eenvoudig te geven: voor de vaste kern zijn er geen problemen, maar naarmate men de rand van het gebied nadert, treft men artikelen aan die marginaal tot het gebied behoren, en onderzoekers die tijdelijk of zijdelings met het gebied te maken hebben. Vaak worden de meningen van onderzoekers wie wel en wie niet tot het gebied behoren als uitgangspunt genomen. Deze gegevens kunnen aangevuld worden met citatie-analyses en co-citatie clusters.¹¹ Meningen van onderzoekers en citatie patronen zijn terug te voeren op opvattingen over het (ken)object van het researchgebied; dit is niet definitief te omschrijven, maar men kan wel het schoolvoorbeeld of



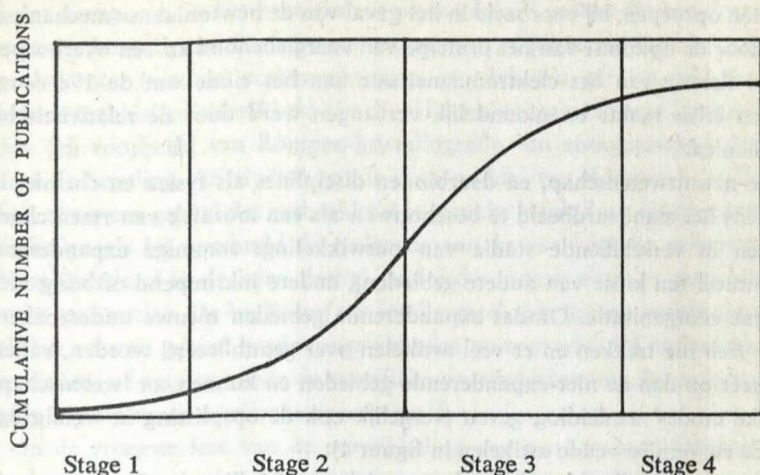
Figuur 4: Jaarlijkse produktie van artikelen in verschillende disciplines; bron: H. W. Menard, *Science: Growth & Change*, Cambridge, Mass. 1971, p. 41.

paradigma¹² aangeven, bij voorbeeld de leidinggevende theorie samen met de regels voor toepassing ervan, of de belangrijkste experimentele methodiek plus de regels wat er wel en niet mee bereikt kan worden.

Op basis van de afbakening van researchgebieden met behulp van een paradigma is door Mullins een model voor de ontwikkeling van researchgebieden ontwikkeld en toegepast op het bacteriofaag-onderzoek (de 'faag-groep' van Delbrück en Luria).¹³ Door Crane is het model uitgewerkt en verder toegepast; het resultaat is een standaardbeeld voor de ontwikkeling van researchgebieden (zie figuur 5). In het standaardbeeld worden zowel de cognitieve (op kennis betrekking hebbende) aspecten aangegeven als de sociale aspecten, die de aard van de betrokken 'scientific community', de groep van onderzoekers in het researchgebied, weergeven.

Het paradigma, dat in een later stadium het schoolvoorbeeld van het researchgebied zal vormen wordt ontwikkeld door een aantal individuen die soms wel, soms geen nauw contact met elkaar onderhouden. Naarmate deze individuen of kleine groepen medestanders en leerlingen aantrekken wordt het paradigma uitgewerkt door middel van detail onderzoek ('normal science') en komen informele communicatiepatronen ('invisible colleges') op die later geformaliseerd kunnen worden. De onderzoekers in deze groep (of in de onderling communicerende groepen) wijden zich intensief aan de uitwerking en verspreiding van de centrale ideeën en/of methodes en aan het recruter

van nieuwe onderzoekers. Dit gaat gepaard met een psychologische binding ('commitment') aan het paradigma.



	Time			
	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
CHARACTER- ISTICS OF KNOWLEDGE	Paradigm appears	Normal science	Solution of Major Problems	Exhaustion
			Anomalies appear	Crisis
CHARACTER- ISTICS OF SCIENTIFIC COMMUNITIES	Little or no social organization	Groups of Collaborators and an Invisible College	Increasing Specialization	Decline in membership
			Increasing Controversy	Decline in membership

Figuur 5: Characteristics of scientific knowledge and of scientific communities at different stages of the logistic curve. Bron: D. Crane, *Invisible Colleges*, 1972, Chicago, p. 172.

Bij de uitwerking van het paradigma zijn er ruwweg twee mogelijkheden: het paradigma kan tot de oplossing van de belangrijkste problemen leiden zoals die op dat moment gezien worden, waarna nauwelijks meer nieuw onderzoek gedaan wordt; wel treedt diffusie naar andere gebieden op. Ofwel het paradigma levert geen bevredigende, samenhangende verklaring van de verschijnselen, er komen storende afwijkingen (anomalieën) die tot controverses leiden en er kan een crisis-sfeer ontstaan die tot verval van het paradigma leidt zodra een alternatief paradigma ontwikkeld is dat meer belooft.

Een dergelijke crisis kan overigens ook na een lange periode van verzadiging ontstaan, wanneer nieuwe ontdekkingen op andere gebieden nieuwe problemen oproepen, bij voorbeeld in het geval van de newtoniaanse mechanica, die door de opkomst van het principe van energiebehoud en een overkoepelende theorie van het elektromagnetisme aan het einde van de 19e eeuw in een crisis raakte en uiteindelijk vervangen werd door de relativistische mechanica.

De natuurwetenschap, en daarbinnen disciplines als fysica en chemie, is volgens het standaardbeeld te beschouwen als een mozaïek van researchgebieden in verschillende stadia van ontwikkeling: sommige expanderend (eventueel ten koste van andere gebieden), andere inkrimpend of bezig met interne reorganisatie. Omdat expanderende gebieden nieuwe onderzoekers naar zich toe trekken en er veel artikelen over gepubliceerd worden, vallen ze meer op dan de niet-expanderende gebieden en kunnen tot 'wetenschappelijke modes' aanleiding geven (vergelijk ook de opsplitsing in weinigzeggende en vernieuwende artikelen in figuur 1).

Het standaardbeeld volgens het model van Mullins en Crane is sterk sociologisch georiënteerd, en beschrijft vooral de kenmerken van de 'scientific community' van een researchgebied, niet de sociale processen die tot specialisme-vorming leiden en evenmin de maatschappelijke context waarbinnen dit gebeurt. Wetenschapshistorici verzamelen soms gegevens over deze aspecten, maar zijn in het algemeen meer geïnteresseerd in de unieke historische ontwikkeling en minder in modelbouw. Om deze reden zullen eerst verfijningen op het standaardbeeld behandeld worden die vanuit de wetenschapssociologie voorgesteld zijn.

§ 2. Verfijningen van het standaardbeeld

In het standaardbeeld wordt vooral naar het tempo van de ontwikkeling van het researchgebied gekeken, en nauwelijks naar de richting en de inhoud. Er wordt dan kennelijk verondersteld dat richting en inhoud door de belangstelling van de onderzoekers en het 'wetenschappelijk belang'¹⁴, en door wat het geval is in de natuurlijke werkelijkheid, bepaald worden, en dat daar verder weinig over te zeggen valt. Tegen deze veronderstelling is veel in te brengen, maar als eerste benadering voor de analyse van ontwikkeling binnen de zuivere wetenschap¹⁵ kan men er vrede mee hebben. De eerste groep van verfijningen van het standaardbeeld blijft binnen deze veronderstelling; een recente samenvatting levert ongeveer het volgende beeld.¹⁶

Het begin van een nieuw researchgebied is het idee van een aantal onderzoekers dat er elders onopgeloste problemen zijn, onverwachte waarnemingen te doen of nieuwe technieken te ontwikkelen, en hun beslissing om over

te stappen naar dit nieuwe gebied (nieuw voor hen, maar ook voor de wetenschap). Een bekend voorbeeld is de invasie van de biologie door fysici in de jaren dertig, o.a. in het bacteriofaag-onderzoek. Factoren die een dergelijke migratie bevorderen zijn: afkomst uit een verzadigd researchgebied, uit een gebied waar (nieuwe) onderzoeksroutes moeilijk zijn, uit een gebied waarbinnen technieken ontwikkeld zijn die wijder toegepast lijken te kunnen worden (bij voorbeeld van Röntgen-kristallografie van anorganische kristallen naar de bepaling van eiwitstructuur door middel van Röntgen-kristallografie), of uit een gebied dat verbrokkeld is geraakt (vaak door externe omstandigheden als bij voorbeeld de emigratie van (vooral) joodse geleerden uit Nazi-Duitsland in de jaren dertig), zodat de onderzoekers er geen binding meer mee voelen. De beslissing om intellectueel te migreren wordt genomen als het nieuwe gebied goede mogelijkheden voor produktief onderzoek lijkt te bieden, of emplooi voor de specifieke vaardigheden van de onderzoeker, of in het algemeen carrièreperspectieven.¹⁷

In de vroegste fase van de ontwikkeling van een researchgebied zijn de onderzoekers vaak niet op de hoogte van vergelijkbare activiteiten op andere plaatsen, en worden dezelfde, min of meer voor de hand liggende problemen aangepakt. Het resultaat is meervoudige ontdekking, dan wel onderzoek dat door anderen eerder gepubliceerd wordt, en vervolgens open wedijver. Een voorsprong in deze competitie voor de eerste, vaak grove resultaten die het gebied een gezicht zullen geven, hebben degenen die over middelen beschikken als de relevante technieken, leerlingen, fondsen en publikatiekanalen. Omdat onderzoek op het nieuwe gebied aanvankelijk onorthodox gevonden zal worden, is protectie door één of enkele gezaghebbende wetenschapsmensen belangrijk om erkenning en middelen te krijgen. De eerste resultaten zullen in verschillende tijdschriften, van verschillende achtergrond gepubliceerd worden, en pas wanneer op basis hiervan enige communicatie tussen de geïnteresseerden in het gebied ontstaat, komt er meer lijn in het publikatiepatroon. (Als men niet tot informele communicatie komt, blijkt de ontwikkeling geremd te worden.)

In de fase van verkenning van het researchgebied zijn de probleemstellingen nog niet scherp gedefinieerd, en worden resultaten nog heel verschillend geïnterpreteerd. Wanneer het om een nieuwe aanpak gaat in een bestaand gebied, zal er vaak sterke weerstand zijn tegen de vage nieuwlichterij, die bovendien vanuit de orthodoxie gezien geen belangwekkende resultaten oplevert; alleen marginale onderzoekers (door hun aard of door hun onderzoeksobject) zullen de stap naar de nieuwe aanpak willen wagen.

Als een gevolg van de voortdurende debatten, zowel informeel als via tijdschriften en congressen ontstaat steeds meer overeenstemming over het relatieve belang van verschillende problemen, de juiste technieken en de

vruchtbare theorieën.¹⁸ De groeiende consensus leidt tot veranderingen in de sociale en cognitieve processen binnen het gebied, bij voorbeeld publikaties in gespecialiseerde tijdschriften, citaties die zich vooral op centrale artikelen richten, en in het algemeen, de erkenning van een klein aantal vroege bijdragen aan het gebied als de schoolvoorbeelden, die te zamen het paradigma vormen.¹⁹ Door deze schoolvoorbeelden krijgt het gebied een eigen identiteit tegenover andere gebieden, en kunnen leerlingen gemakkelijker aangetrokken en opgeleid worden. In dit stadium neemt het aantal onderzoekers en het aantal publikaties in het 'nieuwe en interessante gebied' in het algemeen snel toe.

Naarmate het netwerk van onderzoekers dat het gebied omspant groter wordt, gaan meer onderzoeksteams en losse groepen van onderzoekers voorkomen die systematisch nieuwe onderzoekers recruterende en opleidingen verzorgen vanuit een steeds hechtere wetenschappelijke consensus.²⁰ Zowel researchteams als individuele onderzoekers gaan zich specialiseren in bepaalde richtingen, die in het algemeen zo gekozen worden dat er weinig overlap en dus weinig kans op concurrentie is. Het effect hiervan is in elk geval dat het onderzoek zich verbreedt en een grote hoeveelheid onderwerpen aanpakt. In de researchteams en de groepen van onderzoekers treden leiders op, meestal zeer produktieve onderzoekers, die de intellectuele ontwikkeling sterk bepalen; niet alleen omdat ze veel van de fundamentele bijdragen leveren (of geleverd hebben), maar ook omdat ze een knooppunt voor informatie-uitwisseling vormen in het netwerk van onderzoekers.

Omdat de researchgebieden zich ontwikkelen rond een aantal schoolvoorbeelden, die het resultaat zijn van onderzoek in de vroegste fase, zijn de werkelijke vernieuwingen in feite al achter de rug in de periode dat het gebied sterk groeit. Het gaat dan meer om uitwerking van de eerste vondsten, en de mogelijkheden om nog belangrijke vernieuwingen te leveren nemen voor de meeste onderzoekers snel af nadat het gebied ruw in kaart gebracht is. Zodra dit aan de onderzoekers binnen het gebied en, met enige vertraging, aan potentiële recruten duidelijk wordt, neemt de groeisnelheid af. Als geen onverwachte vondsten gedaan worden, beginnen onderzoekers uit het gebied te verhuizen naar nieuwe, meer belovende gebieden, en komen steeds minder nieuwe onderzoekers het gebied binnen. Uitsterven van het gebied komt voor, maar meestal blijft er nog lange tijd werk te doen voor de volharders, of zijn de verworven resultaten zo belangrijk voor andere gebieden dat het gebied als hulpwetenschap en in het onderwijs blijft bestaan; een voorbeeld is de thermodynamica van evenwichtssystemen.

De hier beschreven verfijning van het standaardbeeld is vooral interessant door het accent op de interactie tussen sociale en intellectuele processen.²¹ Daardoor zijn er ook aanknopingspunten voor beïnvloeding van het ontwik-

kelingsproces door externe factoren als praktische probleemstellingen (bij voorbeeld de ontwikkeling van de thermodynamica in het begin van de 19e eeuw als een reactie op de vraag naar werking en efficiëntie van de stoom-machine) en institutionele factoren (bij voorbeeld de ontwikkeling van medische specialismes, inclusief de nieuwe vondsten op de verschillende gebieden, in de 19e eeuw in Duitsland, welke parallel loopt aan de mogelijkheden om hoogleraarsposities te verwerven in het expanderende en competitieve Duitse universitaire systeem).²²

Een andere verfijning op basis van de interactie tussen sociale en intellectuele processen is het onderscheid tussen verschillende types van researchgebieden, namelijk (1) op technieken of methodes gebaseerde gebieden (bij voorbeeld Röntgen-kristallografie); (2) op theorieën gebaseerde gebieden (bij voorbeeld thermodynamica); (3) op een probleem of een onderzoeksterrein gebaseerde gebieden (bij voorbeeld polemologie, geologie, in zekere zin ook organische chemie — maar daarbinnen bevinden zich wel allerlei deelgebieden die techniek- of theorie gebaseerd zijn).²³

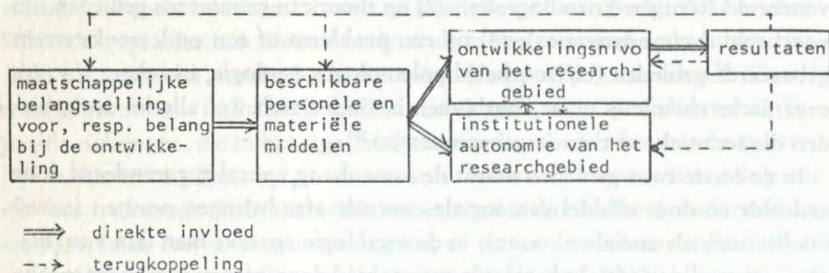
In de eerste twee gebieden wordt de samenhang vooral gegarandeerd door gedeelde en door middel van sociale controle afgedwongen normen (zowel intellectuele als sociale normen); in de sociologie spreekt men dan van 'mechanische solidariteit'. In het derde type gebied daarentegen is er meer sprake van een arbeidsverdeling tussen onderzoekers van verschillende herkomst, eventueel interdisciplinaire samenwerking; de samenhang die hierdoor ontstaat wordt 'organische solidariteit' genoemd.²⁴ Het onderzoek in een researchgebied van het derde type kan leiden tot het optreden van succesvolle integrerende theorieën of werkwijzes, die als schoolvoorbeelden kunnen gaan fungeren en zo een ontwikkeling als beschreven met het (verfijnde) standaardbeeld in gang zetten. Als dit niet gebeurt, is er geen algemeen model voor de ontwikkeling aan te geven.²⁵

De rol van externe factoren en praktische probleemstellingen komt nog duidelijker naar voren in het model dat Lammers geeft van de ontwikkeling van researchgebieden.²⁶ Hierbij gebruikt hij de term 'paradigma' in de zin van een wetenschappelijke conceptie van een deel of aspect van de werkelijkheid, en/of de relaties tussen de onderdelen ervan.²⁷ Dergelijke wetenschappelijke concepties onderscheiden zich van lekenbeelden van de werkelijkheid, doordat ze bewust geconstrueerd en toegepast worden en enige operationalisering vertonen. Naar de inhoud kan er echter grote overeenstemming zijn, zeker in de beginfase van de ontwikkeling van een researchgebied.

Door op deze manier naar researchgebieden te kijken wordt de oorsprong gezocht in de paradigma-vorming in aansluiting op de lekenbeelden van het betreffende deel of aspect van de werkelijkheid. In een volgende fase wordt het paradigma (de wetenschappelijke conceptie) uitgewerkt, hetgeen in het

algemeen ook tot wijzigingen ten opzichte van de oorspronkelijke ideeën leidt, en ten slotte kan diffusie en toepassing van het uitgewerkte paradigma optreden. Deze drie fasen komen ook in het standaardbeeld voor, maar nu wordt als het ware van buiten gekeken: in plaats van over verzadiging en verval te spreken in de derde fase, ziet Lammers diffusie van de resultaten naar andere gebieden en toepassing.

De ontwikkeling van het researchgebied wordt naar de inhoud bepaald door de wisselwerkingen tussen de wetenschappelijke conceptie en de lekenbeelden, terwijl het tempo en in mindere mate de richting door de maatschappelijke steun bepaald wordt. Een beeld hiervan wordt schematisch gegeven in figuur 6.



Figuur 6: Ontwikkeling van researchgebieden volgens Lammers

In de eerste fase spelen lekenbeelden en maatschappelijke belangen een grote rol; het researchgebied is nog open tegenover de buitenwereld. Als het researchgebied zich kan afsluiten van de buitenwereld, met name als het zich institutionele autonomie verovert, treedt continue groei op en accumuleren de resultaten. Als geen 'closure'²⁸ optreedt (hetgeen volgens Lammers in de meeste menswetenschappen het geval is), blijven lekenbeelden en maatschappelijke belangen meespelen (eventueel interfereren), ontstaat er geen onderscheid tussen zuiver en toegepast onderzoek, en kunnen gemakkelijk verschillende 'scholen' ontstaan, elk met hun eigen schoolvoorbeelden, die naast elkaar blijven werken.²⁹

Lammers gebruikt zijn model om het verschil tussen natuurwetenschappen (die hij mono-paradigmatisch noemt) en menswetenschappen (die hij poly-paradigmatisch noemt, dat wil zeggen waar verscheidene paradigma's naast elkaar binnen een wetenschapsgebied kunnen bestaan) te verklaren. Zo wordt het gebrek aan 'harde' resultaten in de menswetenschappen geweten aan de interferentie van leken en het accent op probleemgericht onderzoek. Lammers benadrukt daarbij dat deze situatie niet te negatief moet worden gewaardeerd, omdat zo ook voorkomen wordt dat een onaantastbare sciëntocratie ontstaat.

Door de fixatie op het verschil tussen natuurwetenschappen en menswetenschappen ziet Lammers over het hoofd dat in zijn model een discussabele veronderstelling ingebouwd is, namelijk dat institutionele autonomie de ontwikkeling van een researchgebied positief beïnvloedt (vergelijk figuur 6) en dat het omgekeerde ook het geval is, namelijk dat afwezigheid van institutionele autonomie de ontwikkeling remt.³⁰ Er zijn echter binnen de natuurwetenschappen vele voorbeelden van ontwikkelingen waar geen 'closure' optreedt en toch succesvol onderzoek gedaan wordt.³¹ In industrieel belangrijke research, bij voorbeeld ferrieten en keramische materialen, elektrotechniek, elektronica, kan men zeker niet van autonome ontwikkeling spreken,³² en evenmin in het geval van researchgebieden met een belangrijke militaire component (men denke aan de ontwikkeling van de atoombom in de tweede wereldoorlog). Andere researchgebieden die niet als een gesloten systeem te beschouwen zijn en waar toch van ontwikkeling gesproken moet worden zijn: de traditionele medische wetenschap, die eigenlijk meer de leer van een geneeskunst is en voor een deel ook in directe leermeester-leerling contacten wordt overgedragen (namelijk de klinische aspecten); op een vergelijkbare manier de bedrijfseconomie die door de eerste Nederlandse beoefenaren tussen de wereldoorlogen ook een 'kunstleer' genoemd werd, de leer van de kunst van het bedrijfsvoeren.³³ Op een geheel andere manier ontbreekt een gesloten systeem in de 'big science' researchgebieden als hoge-energie fysica, waar in grote organisaties met een sterke arbeidsverdeling gewerkt wordt en de verschillende onderzoekers meer op hun discipline van herkomst gericht zijn dan op het researchgebied van de organisatie waarbinnen ze werken.³⁴ En ten slotte kan een researchgebied dat verschillende disciplines overbrugt als bij voorbeeld de biofysica, zich verdeeld ontwikkelen wat betreft sociale organisatie en cognitieve oriëntatie, zonder dat hierdoor van een mislukking gesproken kan worden.³⁵ De conclusie die uit deze voorbeelden getrokken kan worden is dat 'closure' niet noodzakelijk is voor de ontwikkeling van een specialisme, en dat eerder gevraagd moet worden welke bijzondere factoren tot 'closure' leiden dan welke 'closure' verhinderen.³⁶

Het wetenschapssociologisch onderzoek naar researchgebieden die zich niet volgens het standaardbeeld ontwikkelen is onvoldoende gevorderd om op basis daarvan een beter, in elk geval meer omvattend model te ontwikkelen. Wel kunnen enkele suggesties gedaan worden over aspecten die meegenomen zullen moeten worden.

In Lammers' model speelt het maatschappelijk belang en de maatschappelijke belangstelling al een rol in de ontwikkeling van een researchgebied, terwijl de resultaten die geboekt worden weer daarnaar terugkoppelen (zie figuur 6). In het algemeen zou gesproken moeten worden over de produktie van wetenschappelijke kennis (die gestuurd wordt vanuit allerlei belangen en

belangstellingen, inclusief die van de onderzoekers zelf) en de consumptie van wetenschappelijke kennis (door andere onderzoekers, instellingen, de maatschappij in het algemeen). Door deze terminologie te gebruiken wil ik benadrukken dat produktie van kennis niet in een vacuüm plaats vindt, maar dat mensen bereid moeten zijn om te investeren in deze produktie met het oog op (latere) consumptie, en dat de consumptie zo de produktie bepaalt (zolang de afstemming ideaal verloopt uiteraard).³⁷

De beeldspraak van wisselwerking tussen produktie en consumptie is een analogie met de economie die de aandacht vestigt op enkele verwaarloosde aspecten van de ontwikkeling van de wetenschap, maar niet te ver doorgetrokken moet worden: produktie van kennis is maar tot op zekere hoogte te standaardiseren, niet elke consumptieve behoefte kan vervuld worden.

Een andere vruchtbare beeldspraak is te ontleen aan de biologie, door te spreken van een 'struggle for survival' van onderzoekers in een bepaalde sociale en intellectuele omgeving. Deze beeldspraak kan uitgewerkt worden tot een evolutie-model voor de ontwikkeling van de wetenschap.³⁸ De nieuwe ideeën en technieken (als het ware de mutaties) van de onderzoekers worden geselecteerd door de natuurlijke en sociale omgeving, doordat alleen de succesvolle en erkende ideeën en technieken behouden worden. In tegenstelling tot de biologische evolutie, waar de individuen weinig mogelijkheden hebben om hun omgeving naar hun hand te zetten (met uitzondering als bij voorbeeld bevers), is het in de ontwikkeling van de wetenschap regel dat de onderzoeker de omgeving zodanig tracht te beïnvloeden, dat de overlevingskansen van zijn ideeën en technieken vergroot worden.³⁹ Daardoor kunnen er ook conflicten tussen onderzoekers ontstaan als ze concurreren om dezelfde omgevings-hulpmiddelen ('ecological resources'), en vaak zal er onderhandeld worden over het afbakenen van territoria. Op deze manier kristalliseren specialismes en disciplines uit, maar ook het omgekeerde kan optreden, dat territorium-afbakening wordt nagestreefd (dat wil zeggen een specialisme claimen) om zo toegang tot middelen te verzekeren.⁴⁰

Het is wel noodzakelijk te benadrukken dat specialismes en disciplines niet 'sociale soorten' zijn naar analogie van biologische soorten, waartussen sociale en intellectuele barrières bestaan zoals tussen biologische soorten genetische barrières bestaan.⁴¹ Het gaat om een heel scala van sociale en intellectuele doeleinden van onderzoekers, en om een omgeving die voor sommige doelen betere mogelijkheden (als het ware ecologische niches) biedt dan voor andere. Een fit tussen doelen en omgeving zal de ontwikkeling bevorderen en zo tot min of meer stabiel afgebakende wetenschapsgebieden leiden. Verschillende omgevingen kunnen daarbij tot verschil in de ontwikkeling leiden, bij voorbeeld in het geval van de genetica in de Verenigde Staten, die in de 'medical schools', de landbouwproefstations en in de universitaire

biologie-afdelingen zich op verschillende manier ontwikkelde.⁴²

Het voordeel van het hier schetsmatig aangegeven evolutie-model voor de ontwikkeling van wetenschapsgebieden en van de wetenschap in het algemeen is dat nu niet bij voorbaat uitgegaan hoeft te worden van een herkenbaar afgebakend, min of meer afgesloten researchgebied. Dan kan pas de vraag geformuleerd worden welke factoren bepalen of een wetenschapsgebied het standaardbeeld zal volgen of niet, en een begin gemaakt worden met de beantwoording ervan.⁴³

§ 3. *Historisch onderzoek van ontwikkelingen in de wetenschap*

Zodra het standaardbeeld van de ontwikkeling van een researchgebied verlaten wordt, wordt het onderzoek naar de ontwikkeling in de loop der tijd moeilijker, er is dan geen duidelijke kapstok meer om het historisch materiaal aan op te hangen. Het is daarom zinvol om na te gaan wat voor benaderingen er door historici ontwikkeld zijn voor het traceren van wetenschapsontwikkelingen, te meer omdat de keuze voor één of enkele complementaire benaderingen een bepaalde opvatting impliceert over wat belangrijk is in wetenschapsontwikkeling, en zo in feite de aanzet tot een model van wetenschapsontwikkeling geeft.

Geschiedschrijving begint met een oriëntatie die tot een 'voorlopige' geschiedenis leidt, bij voorbeeld een lijst met belangrijke gebeurtenissen en personen en enkele interpretaties van wat er gebeurd is die uit secundaire bronnen⁴⁴ worden gehaald. Een dergelijke voorlopige geschiedenis leidt noodzakelijkerwijze tot vertekening, omdat vanuit een hedendaags perspectief gekeken wordt, het is 'boortorengeschiedenis': 'To recover contemporary judgements, to see science as a continuing activity, and to make sense of the sources, one must study a wide spectrum of science in a relatively brief period. Historians have tended to drill a small hole down from the present through the strata of history; they would be well advised instead to look more closely at the contents of one particular stratum.'⁴⁵

De voorlopige geschiedenis heeft waarde als een ruwe landkaart van het gebied dat bestudeerd wordt, en dient verlaten te worden zodra de primaire en secundaire bronnen meer systematisch bestudeerd worden.

In het eigenlijke historische onderzoek zijn verschillende benaderingen mogelijk, die (bewust of onbewust) als 'conceptual boxes' fungeren waarin de historicus zijn materiaal probeert te passen.⁴⁶ In de onderstaande opsomming zullen ook twee benaderingen worden opgenomen die eigenlijk uit de sociologie afkomstig zijn, namelijk interactionele en institutionele geschiedenis (C en D); ze worden echter ook door historici gehanteerd, met name ook in de wetenschapsgeschiedenis.

A. *Intellectuele geschiedenis*, ook wel interne of endogene geschiedenis van de wetenschap genoemd: de primaire bronnen (wetenschappelijke publicaties, manuscripten, laboratoriumjournaals, apparaten) worden opgespoord en men tracht te achterhalen welke problemen de betrokken onderzoekers zich stelden, hoe ze die probeerden op te lossen en wat voor successen ze boekten en waarom. Voor een historicus is maatgevend wat er gebeurd is, maar omdat het idee wat er gebeurd is altijd op een reconstructie berust zullen opvattingen over wat wetenschappelijk is altijd meespelen in de analyse en soms tot vertekening leiden.

Intellectuele geschiedenis kan ontaarden in het antiquarisch verzamelen van 'feitjes', dat wil zeggen er wordt dan onkritisch uitgegaan van het perspectief dat in de bronnen wordt aangeboden, zodat alle professionele mythologieën van wetenschapsbeoefenaren worden overgenomen. Als intellectuele geschiedenis als de enig zinvolle benadering van de ontwikkeling van de wetenschap wordt gezien, spreekt men van 'internalisme': de sociale context wordt verwaarloosd omdat deze irrelevant geacht wordt.

B. *Culturele geschiedenis*: de aandacht is nu vooral gericht op patronen van ideeën en waarden, thema's,⁴⁷ algemene uitgangspunten etc., op hun diffusie en verandering in de tijd. Deze aanpak leidt vaak tot periodisering van de ontwikkeling en onderzoek naar het hoe en waarom van de overgangen, en soms tot onderzoek naar de wisselwerking met de culturele context.⁴⁸ Een te grote nadruk op cultuurgeschiedenis betekent dat de wetenschappelijke ontwikkelingen volledig opgaan in de algemene ideeëngeschiedenis.

C. *Interactionele geschiedenis*: de relaties tussen onderzoekers staan nu centraal.⁴⁹ In deze benadering wordt recht gedaan aan een kenmerkend aspect van het wetenschapsbedrijf, namelijk dat er voortgebouwd wordt op het werk van anderen en dat het forum van collega-onderzoekers de resultaten toetst. Onderzoek van specialismes op basis van het Mullins-Crane model is een vorm van interactionele geschiedschrijving. Verzelfstandiging van deze benadering kan tot verwaarlozing van de intellectuele en culturele aspecten leiden.

D. *Institutionele geschiedenis*:⁴⁹ hoe hebben de instellingen op het betrokken gebied zich ontwikkeld, hoe streefden de onderzoekers institutionalisering na, etc. Dit betekent ook aandacht voor carrièremogelijkheden en in het algemeen de rol van wetenschapsmensen in de maatschappij.⁵⁰ En onderzoek naar financieringskanalen, relaties met overheidsinstanties en met maatschappelijke instellingen in het algemeen; bij dergelijk onderzoek gebeurt men zich al op het gebied van politieke en economische geschiedenis.

E. *Politieke geschiedenis*: wat voor rol speelden wetenschap en wetenschapsmensen in maatschappelijke besluitvorming en hoe vond de besluit-

vorming over de ontwikkeling van de wetenschap plaats? Tot ver in de 20e eeuw zal deze benadering niet meer dan een aanvulling op andere benaderingen zijn, maar zeker na de tweede wereldoorlog, als 'policy for science' en 'science for policy' opkomen,⁵¹ zijn politieke aspecten wel van belang: men denke aan ruimteonderzoek, lasers, kankeronderzoek.⁵²

F. *Economische geschiedenis*: de ontwikkeling van de wetenschap wordt nu gezien als een onderdeel van de strijd om schaarse middelen en het inzetten daarvan voor verschillende doeleinden. In de moderne industriële research zouden voorbeelden te vinden moeten zijn voor een vruchtbare toepassing van deze benadering;⁵³ voor eerdere perioden is alleen vanuit een dogmatisch-marxistisch standpunt onderzoek gedaan, waarbij bij voorbeeld het ontstaan van de newtoniaanse mechanica afgeleid wordt uit de economische vraag naar betere navigatie en ballistiek.⁵⁴

Het lijkt me onwaarschijnlijk dat de economische context geen invloed zou hebben op de ontwikkeling van de wetenschap. Dat dit in historisch onderzoek zelden is aangetoond kan onder meer veroorzaakt worden doordat vele ontwikkelingen niet binnen één organisatie plaats vinden, maar van verschillende kanten middelen betrekken, zodat de invloed van één bron van de middelen niet zal overheersen; en als er wel sprake is van één organisatie of één soort organisatie, dan is het meestal de universiteit, waar het economisch aspect alleen indirect doorwerkt.

G. *Sociale geschiedenis*: de sociale herkomst van onderzoekers en de verandering daarvan in de tijd, de manier waarop wetenschap gezien wordt als middel tot emancipatie of juist als instrument van beheersing zijn aspecten die in de sociale geschiedenis van de wetenschap aan de orde komen (evenals de interactionele en institutionele aspecten van de wetenschapsbeoefening die onder C en D behandeld zijn). Het historisch onderzoek vanuit deze benadering loopt naarmate men dichterbij het heden komt over in politieke discussies over de maatschappelijke positie van wetenschapsmensen (bij voorbeeld intellectuelen, technocraten of wetenschappelijke arbeiders).

Perfectionisten (en vele historici zijn perfectionistisch) zullen in principe alle benaderingswijzes mee willen nemen om tot een afgeronde studie te komen. In de praktijk is dat vaak onuitvoerbaar, en stelt men zich tevreden met de hoop op een goede taakverdeling: anderen zullen, eventueel later, de eenzijdigheid van de benadering compenseren. In feite wordt op deze manier vastgelegd welke aspecten (dimensies, variabelen) zo belangrijk worden geacht dat men ze als eerste onderzoekt.

Naar mijn idee zal intellectuele geschiedenis altijd een noodzakelijk aspect zijn (vergelijk het commentaar onder C), maar dient er voor gewaakt te worden deze benadering te verzelfstandigen ('internalisme', zie onder A). Een bot externalisme, waarbij één (of enkele) van de andere benaderingen abso-

luut genomen worden, is daarom ook onjuist: interne probleemstellingen zullen altijd een rol blijven spelen. Gezien het feit dat niet-internalistische benaderingen enigszins verwaarloosd zijn (met name sociale, economische en politieke geschiedenis) zou ik er voor willen pleiten nu voorrang te geven aan een kritisch-externalistische benadering: hiermee bedoel ik dat uitgegaan moet worden van de idee dat externe factoren de intellectuele ontwikkeling zullen beïnvloeden, zo niet bepalen, maar dat in elk concreet geval uiterst kritisch gekeken moet worden of er wel echt van beïnvloeding sprake is.

Noten

- 1 Het kenobject van een wetenschap is het empirische object (dat wil zeggen het deel van de werkelijkheid dat bestudeerd of onderzocht wordt) plus de manier van benaderen van het empirisch object: een chemicus bij voorbeeld zal zuurstof in het bloed op een andere manier bestuderen dan een fysioloog.
- 2 De term 'bouwwerk der wetenschappen' wordt vaak gebruikt maar suggereert ten onrechte dat het om een geheel gaat dat volgens een bepaald plan wordt gebouwd.
- 3 Met name door Richard Whitley, 'Cognitive and social institutionalization of scientific specialties and research areas', in Richard Whitley (ed.), *Social Processes of Scientific Development*, Londen 1974, p. 69-95, en 'Components of scientific activities, their characteristics and institutionalization in specialties and research areas: a framework for the comparative analysis of scientific developments', in Karin D. Knorr, Hermann Strasser en Hans Georg Zilian, *Determinants and Controls of Scientific Development*, Dordrecht 1975, p. 37-73.
- 4 Door hun traagheid kunnen disciplines een rem zijn (of zo gevoeld worden) op de ontwikkeling van nieuwe researchgebieden, vooral als deze interdisciplinair zijn.
- 5 Namelijk wat men noemt de post-kuhniaanse wetenschapssociologie vanaf het eind van de zestiger jaren, geïnspireerd door het invloedrijke boek van Th. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 1962, 2e uitgave Chicago 1970, Nederlandse vertaling *De structuur van wetenschappelijke revoluties*, Meppel 1972.
- 6 John Lussenhop, 'Victor Hensen and the development of sampling methods in ecology', *Journal for the History of Biology* 7 (1974), 319-337, p. 319.
- 7 Contrapositie is een redeneervorm waarin uit 'als p, dan q' geconcludeerd wordt tot 'als niet-q, dan niet-p'; in dit geval is 'q': 'het wetenschapsgebied is niet volwassen', en 'p' de verschillende opgesomde kenmerken van ecologie in de 19e eeuw.
- 8 Men spreekt ook wel van een 'paradigma' (term van Kuhn, zie noot 5).
- 9 Locus is letterlijk 'plaats' of 'meetkundige plaats'; het wetenschapsgebied moet sociaal gelokaliseerd kunnen worden door de groep van beoefenaren, tijdschriften, opleidingen, etc. aan te geven.
- 10 Institutionalisering is het proces waarbij gedragsvormen, patronen van gedrag of relatiepatronen algemeen gangbaar, maatschappelijk erkend worden, zodat ze instituties, maatschappelijke instellingen worden.
- 11 Een citatie van artikel X door artikel Y is een verwijzing naar artikel X in

- artikel Y; op deze manier wordt in het algemeen verwezen naar onderzoek waarvan gebruik gemaakt is, of waarvan de resultaten de eigen probleemstelling beïnvloed hebben. Sinds 1961 worden de citaties in alle artikelen die in een jaar verschijnen verzameld en met behulp van een computer o.a. op volgorde van geciteerde artikelen gezet (de Science Citation Index voor natuur- en biomedische wetenschappen, sinds 1972 ook een Social Science Citation Index). Het is daardoor eenvoudig veel geciteerde (en dus belangrijke) artikelen op te sporen. Co-citatie is een techniek om horizontale verbanden tussen artikelen te leggen: wanneer twee artikelen vaak tegelijk in andere artikelen geciteerd worden (co-citatie) moet er verband tussen de onderzoeken in deze twee artikelen bestaan. Op deze manier kunnen clusters van samenhangende onderzoeken gevormd worden; zie hiervoor H. G. Small en B. C. Griffith, 'The structure of scientific literature I: Identifying and graphing specialties', *Science Studies* 4 (1974), p. 17-40, en B. C. Griffith, H. G. Small, J. A. Stonehill en S. Dey, 'The structure of scientific literature II: Towards a macro- and micro-structure for science', *Science Studies* 4 (1974), p. 339-365.
- 12 De term 'paradigma' weer van Kuhn.
 - 13 N. C. Mullins, 'The development of a scientific specialty: the phage group and the origins of molecular biology', *Minerva* 10 (1), januari 1972, p. 51-82.
 - 14 'Wetenschappelijk belang' is een veelgebruikt maar slecht gedefinieerd begrip dat in elk geval verband houdt met de vooruitgang van de wetenschap.
 - 15 Zuivere wetenschap is wetenschap die om zichzelf wille beoefend wordt. In het algemeen wordt aangenomen dat universitair onderzoek (dat sinds het midden van de 19e eeuw in toenemende mate plaats vindt) zuiver wetenschappelijk onderzoek is (in elk geval als men zich niet in bochten hoeft te wringen om aan middelen te komen).
 - 16 G. Lemaine, R. MacLeod, M. Mulkay and P. Weingart (eds.), *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines*, Den Haag/Parijs 1976, Introduction, p. 5-7.
 - 17 Dergelijke beslissingen zijn riskant, maar leveren als het lukt ook veel op. Tot een offensieve carrière-strategie gaan vooral jongere onderzoekers (die weinig te verliezen hebben) over, of zeer succesvolle; zie hiervoor M. J. Mulkay, *The Social Process of Innovation*, Londen 1972, Nederlandse vertaling: *Vooruitgang in de Wetenschap*, Meppel 1974.
 - 18 In een eerdere versie (M. J. Mulkay, 'Three models of scientific development', *Sociological Review*, 23 (1975), 509-526, p. 521) wordt hier aan toegevoegd dat het bereiken van overeenstemming niet altijd gladjes gaat. Heftige onenigheid komt voor in de periode waarin onderzoekers van verschillende herkomst en met verschillende visies op de problemen van het nieuwe gebied in gezamenlijke onderhandeling tot consensus komen. Zoals uit ander onderzoek blijkt, kan het onderhandelingsproces ook tot blokvorming in plaats van consensus leiden, bij voorbeeld J. D. de Certaines, *La Biophysique en France: Critique de la Notion de Discipline Scientifique*, in Lemaine e.a., a.w. noot 16, p. 99-121.
 - 19 Zie p. 316.
 - 20 Bij voorbeeld wanneer na de ontdekking van de DNA-structuur in 1953 al snel in de moleculaire biologie gesproken wordt van het 'centrale dogma': DNA bepaalt de eiwitsynthese via RNA-intermediären, RNA kan niet tot DNA-vorming leiden.
 - 21 Het belang van interactie tussen sociale en intellectuele processen in de weten-

- der Wissenschaft', *Zeitschrift für Soziologie*, 1 (1972), p. 302–316) is een ruimer evolutie-model ontwikkeld, waarin rekening gehouden wordt met interacties tussen wetenschapsmensen en met hun omgeving. De moeilijkheid bij evolutie-modellen voor de ontwikkeling van wetenschappelijke kennis is dat uitgegaan moet worden van een onbekende maar vastliggende natuurlijke werkelijkheid waaraan onze kennis zich (en wel in toenemende mate) aanpast. Zo wordt echter het constructivistische aspect van menselijke kennis verwaarloosd: het beeld dat we van de werkelijkheid ontwerpen geeft richting aan ons handelen en transformeert zo de werkelijkheid; zie voor een alternatief Helga Nowotny, 'On the feasibility of a cognitive approach to the study of science', *Zeitschrift für Soziologie*, 2 (1973), p. 282–296.
- 39 Dit geldt zowel voor zijn natuurlijke omgeving als voor zijn sociaal-culturele omgeving.
 - 40 In de 19e eeuw in Duitsland bij voorbeeld, met name in de biomedische wetenschappen betekende het stichten van een specialisme een grotere kans op een professoraat; zie F. Pfetsch & A. Zloczower, *Innovation und Widerstände in der Wissenschaft*, Düsseldorf 1973.
 - 41 Deze indruk zou gewekt kunnen worden in het standaardbeeld wanneer van paradigma's gesproken wordt of door de manier waarop over migratie gesproken wordt in het verijnde standaardbeeld.
 - 42 Charles Rosenberg, *Journal for the History of Medicine*, 22 (1967), p. 27–46, 'Factors in the development of genetics in the United States: some suggestions', zoals geciteerd door Robert E. Kohler, 'The history of biochemistry: a survey', *Journal for the History of Biology*, 8 (1975), p. 275–318. Kohler zegt verder: '(the aim of a social history of biochemistry is to) see how the intellectual programs of biochemists influenced their ability and desire to cope with sociopolitical constraints and how the makeshift institutional contexts in which biochemists operated influenced the intellectual scope and direction of biochemistry'.
 - 43 Vergelijk noot 36.
 - 44 Bij voorbeeld bestaande geschiedenissen van de wetenschap of van een discipline. Als het wetenschapsgebied doorloopt naar het heden geven de handboeken op dit gebied vaak korte historische overzichten.
 - 45 David Knight, *Sources for the History of Science 1660–1914*, Londen, The Sources of History Ltd., 1975), p. 25–26.
 - 46 De term 'conceptual box' is door Kuhn geïntroduceerd om aan te geven dat onderzoekers ervaringsgegevens in gereed liggende schema's proberen te wringen; de schema's worden afgeleid uit het paradigma.
 - 47 Gerald Holton, 'On the role of themata in scientific thought', *Science*, 188 (1975), p. 328–337.
 - 48 Bij voorbeeld P. Forman, 'Weimar culture, causality and quantum theory, 1918–1927', *Historical Studies in the Physical Sciences*, 3 (1971), p. 1–115.
 - 49 De termen 'interactioneel' en 'institutioneel' zijn ontleend aan de inleiding tot een thema-nummer over wetenschapssociologie (J. Ben-David, 'Introduction', *International Social Science Journal*, 22 (1970), p. 7–27), waarin deze twee termen gebruikt worden om de twee hoofdstromingen in de wetenschapssociologie aan te duiden.
 - 50 Een bekend voorbeeld van institutionele geschiedschrijving is J. Ben-David, *The Scientist's Role in Society*, Englewood Cliffs 1971.

- 51 Beleid voor (de ontwikkeling van) de wetenschappen, respectievelijk inschakeling van wetenschap voor overheidsdoelen zijn de twee belangrijke aspecten van wetenschapsbeleid; zie o.a. Arie Rip, *Wetenschap als mensenwerk*, Baarn 1977, § 6.3.
- 52 Over de consequenties voor de wetenschapssociologie handelt Peter Weingart, *Wissensproduktion und soziale Struktur*, Frankfurt a/Main 1976.
- 53 Zie noot 32.
- 54 Boris M. Hessen, 'The social and economic roots of Newton's Principia', in N. Bukharin (ed.), *Science at the Crossroads*, 1931, herdrukt Londen 1971.