

BOEKBESPREKINGEN

Tjerk Wiersma, *Twee eeuwen zoeken naar medische bewijsvoering. De gespannen verhouding tussen experimentele fysiologie en klinische epidemiologie* (Amsterdam/Overveen: Boom/Belvedere 1999) 317 pp., f 45,00, ISBN 90-5352-514-9

Uitgebreide uiteenzettingen over a priori en a posteriori verdelingen, *likelihood* schattingen, betrouwbaarheidsintervallen, Laplaciaanse en Bayesiaanse waarschijnlijkheidsconcepties, fouten van de eerste en van de tweede soort; allemaal begrippen uit de verklarende statistiek, die hun plaats blijikbaar zo in de geneeskunde hebben gekregen, dat de auteur ze in een boek over twee eeuwen medische bewijsvoering aan de orde kan laten komen.

Zijn uiteenzettingen zijn niet alleen op secundaire literatuur gebaseerd; hij is er niet voor teruggeschrokken om teksten van mensen als Bayes, Venn, Laplace, Maxwell, Galton en Fisher ter hand te nemen en te bestuderen. Ook de medici die de pioniers zijn geweest in het introduceren van kwantitatieve en statistische methoden in de geneeskunde, zoals Louis, en de reacties daarop van onder meer Bernard, worden besproken aan de hand van een behandeling van het werk van deze mensen en niet slechts aan de hand van de secundaire literatuur daarover.

Het voorgaande wil niet zeggen dat de auteur het relevante werk dat anderen reeds hebben gedaan, links heeft laten liggen. Wiersma heeft dankbaar gebruik gemaakt van de belangrijkste literatuur: van werk van MacKenzie, Porter, Daston, Hacking, Gigerenzer, Coleman, Stigler, de tweedelige bundel *The probabilistic revolution* en ook Nederlandse bijdragen zijn niet over het hoofd gezien. Er zullen heel wat reizen van Follega (volgens de inleiding de woonplaats van de auteur) naar universiteitsbibliotheken nodig zijn geweest en ik vermoed dat de huisartsenwoning in Follega de nodige gevulde boekenplanken herbergt.

De auteur begint zijn boek met te zeggen dat in weerwil van de zogenaamde universele geldigheid van medische kennis het feitelijk handelen van artsen internationaal vaak sterk uiteenloopt. En dat geldt ook voor pogingen om eenheid te scheppen door de vervaardiging van richtlijnen, standaarden en consensussen. Amerikaanse richtlijnen bepleiten vaak een agressievere therapeutische aanpak dan Europese.

Blijkbaar is het niet onproblematisch hoe medische kennis in praktische aanbevelingen moet

worden vertaald. Wiersma brengt dit in verband met drie verschillende wijzen van argumentatie, zoals die waren te onderscheiden in discussies over de aanpak van *cara*, om medische kennis in richtlijnen voor diagnostiek en beleid om te zetten. De vertegenwoordigers van de klinische stijl hechten grote waarde aan inzichten omtrent pathofysiologische mechanismen, gebruikers van de epidemiologische stijl geven de voorkeur aan een meer getalsmatige, klinisch epidemiologische onderbouwing van het beleid en degenen die pragmatisch redeneren geven de voorkeur aan de behandeling van klachten zoals deze worden gepercipieerd door de patiënt. De eersten geven de voorkeur aan de preventie van aandoeningen van de longfunctie op de lange termijn, degenen met een epidemiologische oriëntatie letten meer op de momentane verbetering van de longfunctie en de pragmatici meten het therapeutische effect vooral af aan hetgeen de patiënt erover zegt. Het is dus niet alleen problematisch hoe medische kennis in praktische aanbevelingen wordt vertaald, maar het probleem begint al eerder: namelijk bij wat relevante medische kennis is.

De auteur merkt op dat de laatste jaren het verkrijgen van kennis via *randomized clinical trials* een hoog aanzien heeft gekregen. En omdat hij grondige reden heeft om te denken dat dergelijke kennis niet onproblematisch en onduidelijk zal zijn, heeft dit hem gemotiveerd om de historische wortels van de verschillende benaderingswijzen bloot te leggen.

Het boek valt dan uiteen in vier delen: 'van conversatie naar observatie'; 'van observatie naar experiment'; 'de probabilistische revolutie' en tenslotte 'experimenteel determinisme of probabilisme?' Ik heb vooral van de laatste twee delen kennisgenomen. De auteur is gestart met een bespreking van de medici die zijn begonnen met het invoeren van probabilistische en statistische denkwijzen in de geneeskunde. Daarna heeft hij de geneeskunde verlaten en is hij de ontwikkeling van die denkwijzen zelf gaan onderzoeken. Ik kreeg echter wel de indruk dat de ontwikkelingen en problemen die hij daarbij aanpakt, soms te complex waren om heldere uiteenzettingen op te kunnen leveren. Na deze exercitie moest hij het gevondene in verband brengen met de geneeskunde. Het blijkt dat er toen 150 jaren voorbij waren gegaan. We zien nauwelijks hoe binnen de geneeskunde zelf gedurende de behandelde periode de

receptie van statistisch en probabilistisch denken is verlopen. Daarover had ik graag wat meer gelezen. Wat dat betreft maakt de auteur de titel van het boek *Twee eeuwen zoeken naar medische bewijsvoering* niet waar.

De auteur eindigt met de conclusie dat de geneeskunde twee gezichten heeft, die historisch zijn gegroeid. Aan de ene kant zijn er de gegevens uit *clinical trials*, welke op groepsniveau uitsluitel kunnen geven over klinisch relevante therapeutische effectiviteit, maar waarvan de generaliseerbaarheid niet vaststaat: noch naar andere populaties, noch naar individuele patiënten. Aan de andere kant is er kennis over (patho)fysiologische en farmacologische (werkings)mechanismen, die kunnen bogen op universele geldigheid, maar die onder laboratoriumcondities tot stand zijn gebracht en waarvan het dus niet duidelijk is of ze ook geldig zijn in werkelijke situaties van ziekte en gezondheid. Er is geen eenduidig recept welke denkwijze in een bepaalde situatie doorslaggevend moet zijn.

Jammer genoeg bevat het boek geen index.

Ida H. Stamhuis

Gerard Alberts, *Jaren van berekening, Toepassingsgerichte initiatieven in de Nederlandse wiskunde beoefening 1945-1960* (Amsterdam: Amsterdam University Press 1998) 493 pp., ill., f 65,00, ISBN 90-5356-317-2

Honderd jaar geleden duidde de term 'wiskundig model' op een stoffelijk model van een wiskundige structuur. Modellen van gips of een ander materiaal vergemakkelijkten het onderwijs en het onderzoek van bijvoorbeeld hogeregraads-oppervlakken in de meetkunde. Volgens Gerard Alberts was het Philip Jourdain, de oprichter van *Isis*, die in 1912 als eerste het begrip in de moderne zin van het woord gebruikte; Jourdain sprak van een 'purely mathematical model' van het zonnestelsel dat ons in staat stelt om voorspellingen te doen met een nauwkeurigheid die afhangt van de volledigheid van het model. Eén van de eersten in Nederland die het begrip in dezelfde zin hanteerden was Jan Burgers, de Delftse hoogleraar aëro- en hydrodynamica. Burgers stelde wiskundige modellen op om het verschijnsel van de wervelingen in een vloeistof of de lucht beter te begrijpen. Hij had een grote naam in het buitenland; het is illustratief dat na de capitulatie de door de Amerikanen geïnterneerde Duitse kernfysici zich onder meer onledig hielden met voordrachten en discussies over de turbulentietheorie van Burgers.

Burgers was in 1918 in Leiden bij de fysicus Ehrenfest gepromoveerd. Een andere leerling van Ehrenfest, Jan Tinbergen, speelt ook een rol in het rijkgeschakeerde verhaal dat Alberts ons vertelt in zijn boek, waarop hij in 1998 aan de Universiteit van Amsterdam cum laude promoveerde. Ook Tinbergen hanteerde wiskundige modellen. De modellen van Tinbergen, waarvoor hij een Nobelprijs kreeg, waren economisch van aard: een stel vergelijken, een 'wiskundige machine' in de woorden van Tinbergen, werd gepresenteerd als een model voor het economisch gebeuren.

Volgens Alberts gaat het hierbij om veel meer dan alleen maar een kwestie van terminologie en is de klassieke toegepaste wiskunde wezenlijk verschillend van wat hij 'organisatorische wiskunde' noemt. Volgens Alberts ontwikkelde de klassieke toegepaste wiskunde zich in nauwe aansluiting bij de zuiver wiskunde, terwijl binnen de organisatorische wiskunde hele nieuwe disciplines hun bestaan ontleen aan een bepaald type wiskundig model. Tot de organisatorische wiskunde rekent Alberts naast het werk van Burgers in de mechanica en dat van Tinbergen in de econometrie ook onder meer de speltheorie van Von Neumann en Morgenstern in de studie van de economische concurrentie, de Neyman-Pearson theorie voor het nemen van steekproeven en het lineair programmeren van George B. Dantzig.

Alberts plaatst het ontstaan van deze nieuwe wiskundige technieken in hun brede maatschappelijke context. Als gevolg van enerzijds de sterk groeiende rol van de (natuur)wetenschap in de industrie en anderzijds het steeds sterker worden de streven naar rationalisatie in het bedrijfsleven met het in het bijzonder door F.W. Taylor en zijn leerlingen in de V.S. geïntroduceerde scientific management als tegelijk gevolg en motor, was de wiskunde een belangrijke productiefactor geworden. In Nederland was de intrigerende D. van Dantzig (niet te verwarren met de bovengenoemde Amerikaan George Dantzig) iemand die deze tendens uitstekend aanvoelde. Hij was een leerling van Brouwer en Mannoury, gepromoveerd in de topologie bij Van der Waerden in Groningen, en hij was jarenlang medewerker, eerst als assistent en later als hoogleraar, van de ook in het buitenland gerespecteerde wiskundige J. A. Schouten in Delft. Al voor de oorlog was Van Dantzig zich duidelijk bewust van de groeiende rol van de wiskunde in de samenleving en op wetenschappelijk gebied bewoog zijn belangstelling zich in die tijd al in de richting van de statistiek. Ook bij Van Dantzig vinden we het begrip 'wiskundig model' en in 1945 spreekt hij zelfs van 'wiskundig model-leren' als een activiteit.

De ondertitel van zijn boek geeft aan waar het Alberts in het bijzonder om gaat: de oprichting van het Mathematisch Centrum in Amsterdam in 1946 met onder meer als taak de bevordering van de toepassingsgerichte wiskunde en de instelling van de opleiding tot wiskundig ingenieur te Delft in 1956. Beide initiatieven mogen succesvol worden genoemd; het Mathematisch Centrum maakt nu deel uit van het Centrum voor Wiskunde en Informatica en opleidingen tot wiskundig ingenieur bestaan nu ook in Eindhoven, Twente en Groningen.

In 1945, onmiddellijk na de oorlog, bepaalde de wederopbouw de agenda. De minister-president, Schermerhorn, zag het stimuleren van fundamenteel-wetenschappelijk onderzoek als noodzakelijk voor de economische ontwikkeling. De minister van onderwijs, Van der Leeuw, oud-hoogleraar godsdienstfenomenologie in Groningen, zag het stimuleren van de wetenschapsbeoefening als een noodzakelijke waarborg tegen cultuurpessimisme. Op 26 oktober 1945 installeerde de minister een Commissie tot Coördinatie van het Hooger Onderwijs in de Wiskunde in Nederland. Voorzitter van de commissie was de Groningse hoogleraar in de wiskunde J. G. van der Corput, niet alleen een prominent getaltheoreticus maar ook met een aan die van de minister verwante visie op wetenschap als cultuurfactor. Koksma van de Vrije Universiteit was secretaris, leden waren verder Van Dantzig, J. A. Schouten, Kramers (de Leids fysicus uit de Lorentz-Ehrenfest school) en de eveneens Leidse astronoom Minnaert. Al liep in de relatie met de rest van wiskundig Nederland niet alles geheel naar wens, intern was de commissie met Van der Corput, Koksma en Van Dantzig in de hoofdrol het snel eens. Op 11 februari 1946 werd het Mathematisch Centrum opgericht. De doelstelling van het Centrum bevat prominent de beide elementen die men gezien de samenstelling van de commissie en gezien de maatschappelijke context kon verwachten: de wiskunde als cultuurfactor en als productiefactor. Alberts gaat gedetailleerd in op de verdere vroege geschiedenis van het Mathematisch Centrum. Belangrijk is de geschiedenis van de Rekenafdeling van het Centrum. De leiding werd opgedragen aan Aad van Wijngaarden, werktuigbouwkundig ingenieur, die onder leiding van Burgers in Delft had gewerkt maar op elasticiteitsleer bij C. B. Biezeno in Delft was gepromoveerd. Van Wijngaarden had grote ervaring met numerieke wiskunde en het gebruik van tafelrekenmachines. Na een studiereis van een jaar naar de V.S. waar hij zich uitgebreid oriënteerde, begon Van Wijngaarden met de bouw van rekenapparatuur. Dit leidde tot de eerste Nederlandse computers: de

ARRA I (1952), de ARRA II, de FERTA, de ARMAC (1956).

De instelling van de opleidingen tot wiskundig ingenieur aan de (toen nog) technische hogescholen hangt weliswaar op sommige punten samen met de oprichting van het Mathematisch Centrum, maar is in belangrijke mate een onafhankelijke ontwikkeling. Een zeer belangrijke factor was het ontstaan van de toegepaste mechanica, in Delft vertegenwoordigd door Biezeno. Het betrof hier een vorm van op technische toepassingen gerichte mechanica waarin numerieke wiskundige methoden een grote rol speelden. Eerst waren dat grafische methoden, maar later gingen tafelrekenmachines domineren. Naast Biezeno vertegenwoordigde ook Burgers binnen de Afdeling Werktuigbouwkunde en Scheepsbouwkunde een ongebruikelijk sterke wiskundige oriëntatie. Een sterk op toepassingen gerichte wiskundige opleiding lag voor de hand. In die situatie haalden de Delftse wiskundigen in 1952 Reinier Timman binnen, de vader van de schaker. Timman had in Amsterdam gestudeerd en was in 1946 bij de Delftse hoogleraren Bremekamp, een wiskundige, en Burgers op een aerodynamisch onderwerp gepromoveerd. Timman wordt door Alberts beschreven als een van de eerste grote wiskundige modelleerders in het bijzonder op het gebied van de maritieme techniek en de aerodynamica. Timman die op het Luchtvaartlaboratorium had gewerkt en samengewerkt had met de Rekenafdeling van het Mathematisch Centrum was de ideale figuur om een opleiding tot wiskundig ingenieur te scheppen en dat deed hij ook.

Tenslotte valt het mij als tot op zekere hoogte betrokkene – ik ben in 1969 afgestudeerd als wiskundig ingenieur – op dat er soms een groot verschil is tussen de motieven van beleidsmakers en de doelstellingen van de instituties die zij scheppen en de praktijk binnen die instituties. Ziehier het kikkorsperspectief uit die tijd: in mijn opleiding tot wiskundig ingenieur heb ik bijzonder weinig gemerkt van de eigen aard van een toepassingsgerichte wiskunde met het wiskundig modelleren als centrale activiteit. Dit is echter niet in strijd met de conclusies van Alberts. Een centraal thema in het boek is dat zich in de loop van de twintigste eeuw binnen de wiskunde en haar relatie met de toepassingen überhaupt belangrijke veranderingen voltrokken. De exemplarische cases van het Mathematische Centrum en de opleiding tot wiskundig ingenieur in Delft illustreren slechts een algemene trend. Delft liep wat betreft de intentie om een daarmee corresponderend onderwijsprogramma in het leven te roepen voorop. De onderwijspraktijk volgde met vertragen. Inmid-

dels hebben de opleidingen wiskunde aan de algemene universiteiten ook grote veranderingen ondergaan; toepassingsgerichte wiskunde kun je tegenwoordig overal studeren.

Alberts heeft zonder enige twijfel een belangrijke bijdrage geleverd aan geschiedschrijving van de wiskunde in Nederland in de twintigste eeuw. Hij heeft het ook heel grondig gedaan; niet alleen gaat hij in op vele details, niet van wiskundig technische aard, maar meer van ideologische en politieke aard. Filosofische beschouwingen met betrekking tot de aard van de wiskunde spelen een net zo belangrijke rol als historiografische details over, bijvoorbeeld, de preciese rol van Bottema bij de tot standkoming van de opleiding tot wiskundig ingenieur. Dit maakt het lezen van dit verder goedgeschreven opus magnum tot een genot dat men zich met onderbrekingen dient te veroorloven. De lezer krijgt echter wel waar voor haar of zijn geld.

Teun Koetsier

Dick Stafleu, *Experimentele filosofie: Geschiedenis van de natuurkunde vanuit een wijsgerig perspectief* (Bijten en Schipperheijn: Amsterdam, 1998) ISBN 90-6064-949-4, 188 pp., ill.

Stafleus *Experimentele filosofie* kan worden gezien als een vervolg op zijn eerder verschenen *En toch beweegt zij*. Behandelde het vroegere werk de geschiedenis van de natuurkunde tot en met de zeventiende eeuw, het nieuwe boek volgt de verdere ontwikkeling van de fysica in de achttiende en negentiende eeuw. Zoals zowel de titel als de ondertitel doen vermoeden gaat het hier niet om een rechttoe, rechtaan verhaalde uiteenzetting van de voornaamste ontwikkelingen in het vakgebied. Stafleu ziet zijn boek als een 'wijsgerig essay over de geschiedenis van de wetenschap.' Het wetenschapsfilosofische kader, ontleend aan Dooyeweerd's wijsbegeerte der wetsidee, bezit een sterk schematisch karakter. De geschiedenis van de fysica wordt beschreven als een 'proces van isolatie van wetenschapsgebieden, gevolgd door hun ontsluiting in vier richtingen'. Deze vier ontsluitingsvormen betreffen respectievelijk de 'mathematisering' en de 'technische toepassing', kenmerkend voor de periode 1750-1850, en daaropvolgend de 'integratie door abstractie' en 'door synthese'. Deze indeling bepaalt in hoge mate de structuur van het boek.

Wat verstaat de auteur onder zijn kernbegrippen isolatie en ontsluiting? In wezen komt het

neer op het ontstaan van een samenhangend onderzoeksgebied, gekenmerkt door specifieke vragen en experimentele methoden, en de theoretische en experimentele exploratie van dat gebied, gericht op het verkrijgen van wetmatigheden. De hier beschouwde onderzoeksgebieden zijn bovenal die der warmte, elektriciteit, magnetisme en licht. De specifieke vorm der exploratie (mathematisch, technisch, integrerend) hangt volgens Stafleu nauw samen met een achterliggend en richtinggevend wereldbeeld. De vier onderscheiden wereldbeelden zijn het 'newtoniaanse', het 'technische', het 'anti-newtoniaanse' en een niet nader aangeduid wereldbeeld dat samenhangt met het onderzoek naar de structuur der materie.

Elk wereldbeeld wordt op zijn beurt bepaald door vier componenten: een ontologische, een epistemologische, een logische en een heuristische.

Het aldus gecreëerde keurslijf kan niet anders dan gaan wringen bij confrontatie met de te behandelen historische ontwikkelingen. De hoeveelheid historische informatie die Stafleu in zijn schema's weet in te passen dwingt in zekere zin bewondering af. Maar de kunstgrepen die daartoe nodig zijn roepen nogal wat twijfels op. Het meest problematisch zijn de door Stafleu geconstrueerde wereldbeelden en de rol die hij daaraan toeschrijft. Gedurende de laatste twintig jaar heeft een toenemend aantal wetenschapshistorici de staf gebroken over de oudere neiging om in algemene theorieën, wereldbeelden en diepe methodologische principes de drijvende kracht achter wetenschappelijke ontwikkelingen te zoeken. Zo wees de Amerikaan Heilbron erop dat er geen noemenswaardige verschillen optraden in de experimentele onderzoeken van zogenaamde cartesianen en newtonianen gedurende de eerste helft van de achttiende eeuw. Dat gold niet alleen de wijze van onderzoek maar zelfs de modellen die zij hanteerden ter verklaring van hun resultaten. De meeste historici hebben sindsdien dergelijke lessen ter harte genomen. Zo niet Stafleu. Hij ziet er geen been in een newtoniaanse en een anti-newtoniaanse traditie te poneren, die zich niet alleen lieten gelden in de achttiende eeuw, maar die zelfs tot ver in de negentiende eeuw hun weerslag vonden in zowel theoretische als experimentele processen. De newtoniaanse stroming blijkt een amalgaam van aan Bacon, Boyle, Galileo en Newton toegeschreven opvattingen. Wat kenmerkt het newtonianisme? Een ontologie gebaseerd op afstandswerkingen, atomisme, en materiële behoudswetten (massa, lading, warmtestof); een inductivistische kentheorie, die het primaat bij de meting legde; een sterke hang naar mathematisering; een neiging tot isolatie van verschil-

lende onderzoeksgebieden; en een streven naar praktische toepassing.

Deze brede invulling maakt het mogelijk om vrijwel de gehele achttiende-eeuwse 'isolatie' en 'ontsluiting' van de fysische onderzoeksgebieden, alsmede de vroeg-negentiende-eeuwse mathematisering van deze gebieden, te beschouwen als een uitwerking van het newtonianisme. Vragen wij ons echter af waarom eerst in het begin van de negentiende eeuw een aantal jonge Franse ingenieurs met enig succes de grillige verschijnselen der elektriciteit, licht en warmte poogt te onderwerpen aan geavanceerde wiskundige manipulaties, dan helpt het toch weinig om deze onderzoekers als 'newtoniaans' te karakteriseren. Hetzelfde geldt voor de systematische natuurkundige precisieingenieten die we eveneens voor het eerst in Parijs aantreffen in deze periode.

In de antagonistische stroming treffen we vogels van diverse pluimage als Descartes, Leibniz, Kant, de Duitse Naturphilosophen, Oersted, Faraday, Maxwell en Kelvin. *Bien étonnés*, ben je geneigd te denken. Wat hebben zij gemeen? Een uitgesproken hang naar eenheid; ze waren in zekere zin allen 'holisten', gekant tegen isolatie van onderzoeksgebieden, op zoek naar universele wetten, en in al deze opzichten anti-newtoniaans. Stafleu onderkent weliswaar de verscheidenheid in wereldbeelden onder deze onderzoekers, maar hij probeert toch zo veel mogelijk verbanden te leggen. Zo ontdekt hij in het werk van Maxwell en Kelvin een cartesische inslag. Waar komt die vandaan? Wel, beiden 'hadden in Cambridge gestudeerd waar tegen het Newtonianisme in een zekere Cartesiaanse invloed gebleven was'. Dit nu is volslagen onzin. Als er een plek op deze wereld was waar Newtons theorieën en methoden lange tijd als zaligmakend werden gezien, met uitsluiting van alle mogelijke alternatieve benaderingen, dan was het wel Newtons eigen Cambridge.

Beschouwen we de fysicus Kelvin. Zijn werk is sterk gevormd door de invloeden van Franse ingenieurs als Fourier en Carnot, zijn ervaringen in het Parijse laboratorium van Regnault, zijn studie van Faradays onconventionele opvattingen over elektriciteit en magnetisme, zijn jarenlange worsteling met de verwarrende opvattingen van Joule

over warmte en arbeid, de nauwe samenwerking met zijn als ingenieur opgeleide broer, en meer algemeen door zijn jeugd in het snel industrialiserende Glasgow, en de liberale en religieuze waarden van het milieu waarin hij opgroeide. Het zinspelen op newtoniaanse of anti-newtoniaanse tradities leert ons weinig of niets over zijn opvattingen, die bovendien radicale veranderingen ondergingen. De moraal van dit alles moge duidelijk zijn. Inzicht in aan een bepaalde plaats en tijd gebonden historische processen vereist studie van de voor die tijd en plaats karakteristieke omstandigheden.

Denken we het filosofische kader van Stafleu even weg, dan resteert er overigens nog voldoende lezenswaardigs. Stafleus beschrijvingen van het werk van de voornaamste achttiende- en negentiende-eeuwse onderzoekers zijn, in al hun beknoptheid, informatief, meestal ter zake en soms zeer verhelderend. Origineel en verrijkend is de aandacht die hij besteedt aan de technische toepassingen, zoals de groeiende rol van de elektriciteit in onze samenleving. Toch komen we ook in de beschrijvingen hier en daar nogal wat slordigheden tegen.

Fresnel verklaarde polarisatieverschijnselen niet ca 1818 door de aanname van een transversale golf (138); Clausius' gastheorie voorspelde geen waarden van 1,67 voor de verhouding der soortelijke warmtes (126); Van der Waals nam geen afstotende krachten aan tussen gasmoleculen op korte afstand (127); het is niet het bewegen van de aarde ten opzichte van de ether dat aanleiding geeft tot interferentieverschijnselen in het Michelson-Morley-experiment (110); Planck dacht in 1900 niet in termen van een gekwantiseerde emissie en absorptie van straling (141); in datzelfde jaar beweerde Kelvin allerminst dat op een paar kleinigheden na alle natuurkundige problemen als opgelost konden worden beschouwd (157); in 1910 koppelde geen natuurkundige het onvoorspelbare radioactieve verval aan de ondergang van het determinisme (157), en van een crisis in de natuurkunde sprak men pas in de jaren twintig en niet al in 1910 zoals Stafleu stelt (157).

Frans van Lunteren