

---

# De stijl van het moderne wetenschaps- onderzoek\*

Gerard de Vries

## Inleiding

Wetenschapsfilosofie, wetenschapsgeschiedenis en wetenschapssociologie zijn een driehoeksverhouding aangegaan. Deze *marriage à trois* heeft kinderen voortgebracht die in onzekerheid verkeren over de vraag wie nu precies hun ouders zijn. Er heeft zich in de afgelopen twee decennia met betrekking tot de beschouwing van wetenschap een nieuwe stijl van redeneren ontwikkeld. Die nieuwe stijl is niet het resultaat van een plan dat iemand in een creatieve bui heeft ontworpen en dat daarna trouwhartig is gevolgd. Hij is eerder het onbedoelde gevolg van een hele reeks keuzen, die wetenschapsonderzoekers met verschillende disciplinaire achtergronden in de loop der tijd hebben gemaakt en die door hun collega's en studenten werden overgenomen.

De elementen van deze nieuwe stijl kunnen op een drietal noemers worden gebracht.

1. Moderne wetenschapsonderzoekers benaderen de epistemologische aanspraken die met weten-

schap verbonden worden - de pretentie dat hier waarheid, objectiviteit, zekerheid, en dergelijke geproduceerd zouden worden - in eerste instantie als agnostische buitenstaanders. Hun aandacht gaat niet primair uit naar de bijzondere aard van wetenschappelijke kennis, maar naar het wetenschappelijk handelen.

2. Om de betekenis van wetenschappelijke handelingen te reconstrueren, zien wetenschapsonderzoekers zich genoodzaakt de gemeenschappen van onderzoekers die de context constitueren waarbinnen kennisontwikkeling plaats vindt, in hun beschouwingen te betrekken. Dit brengt hen op het terrein van de kennissociologie.
3. Hun epistemologisch agnosticisme plaatst wetenschapsonderzoekers van nu tenslotte voor andere filosofische problemen dan hun collega's van vroeger. Zij putten daarom uit andere filosofische tradities dan het empirisme, en wel in toenemende mate uit het pragmatisme.

## De wetenschapsfilosoof versus de -historicus

Rudolf Carnap's *An Introduction to the Philosophy of Science* verscheen in 1966.<sup>1</sup> Het is een met een bewonderenswaardige helderheid geschreven werk, de vrucht van een leven lang onderzoek en onderwijs op het terrein van de wetenschapsfilosofie. Hier treffen we het beeld van wetenschap aan dat in logisch-empiristische kring ontwikkeld werd en dat lange tijd zo dominant was, dat er ook nu nog wel naar verwezen wordt als naar 'het standaardbeeld'.

In dit boek behandelt Carnap in zes delen enkele hoofdproblemen van zijn vak: (1) Wetten, Verklaaren en Waarschijnlijkheid; (2) Meten en de Taal van het Getal; (3) De Structuur van de Ruimte; (4) Causaliteit en Determinisme; (5) Theoretische Wetten en Theoretische Begrippen; (6) Voorbij het Determinisme. Over elk van deze onderwerpen verschijnen ook nu nog publikaties. De aanpak zal in veel gevallen echter afwijken van die welke Carnap volgde. Aan de hand van zijn behandeling van 'de Experimentele Methode', in het eerste deel, kan dat gemakkelijk worden geïllustreerd.

In het hoofdstuk over dit onderwerp wijst Carnap er om te beginnen nog eens op dat de 'experimentele methode' een van de belangrijkste onderscheidende kenmerken van de moderne wetenschap vormt. Empirische kennis - het woord zegt het al - berust op ervaring en de genoemde methode komt er kort gezegd op neer dat we actief trachten dergelijke ervaring te verwerven, door situaties te creëren waarin we betere waarnemingen kunnen doen dan we zouden verkrijgen door passief af te wachten. Een onderzoeker die een experiment uit wil voeren dient, aldus Carnap, eerst na te gaan welke factoren relevant zijn met betrekking tot het fenomeen dat hij wil bestuderen. Hij zal vervolgens een aantal van deze factoren constant houden en andere variëren om waar te nemen - en bij voorkeur kwantitatief te meten - wat er onder uiteenlopende voorwaarden plaats vindt. Tenslotte zal hij trachten de wetten te formuleren die het verband tussen de verschillende relevante grootheden uitdrukken.

Carnap licht zijn betoog toe met een voorbeeld dat betrekking heeft op het verband tussen druk, volume en temperatuur van gassen. Dat er tussen deze factoren een verband bestaat, is een vermoeden dat

eerder, bijvoorbeeld door alledaagse ervaringen, is gewekt. Een vierde relevante factor, het soort gas, wordt buiten beschouwing gelaten door steeds met hetzelfde soort gas te experimenteren. Om te beginnen moeten we het bovengegeven recept volgen nagaan of dit alle relevante factoren zijn. Is misschien de vorm van het vat waarin we het gas opsluiten van belang? In andere gevallen (experimenten met electriciteit, bijvoorbeeld) blijkt zo'n gegeven relevant en we hebben dus goede redenen om dit ook in het onderhavige geval na te gaan: het blijkt echter dat we deze factor kunnen negeren. Niet iedere suggestie kunnen we natuurlijk op deze manier nalopen. Wanneer bijvoorbeeld een astroloog binnenloopt en vraagt of we wel rekening houden met de planetenstand, hoeven we daar niet serieus op in te gaan, aldus Carnap. Vooral nog kunnen we ervan uitgaan dat de planeten te ver weg zijn om het experiment te kunnen beïnvloeden. Nadat we zo tot de conclusie zijn gekomen dat de genoemde grootheden inderdaad de relevante factoren zijn, kunnen we hun onderling verband meten. We ontdekken dan dat wanneer bij constante temperatuur het volume met de helft afneemt, de gasdruk verdubbelt - een effect dat Robert Boyle in de zeventiende eeuw reeds waarnam. We zien bij verder experimenteren bovendien dat bij gelijkblijvende druk het volume proportioneel toeneemt met de temperatuur. Zo ontdekken we het verband dat bekend is geworden als de wet van Boyle:  $P \cdot V/T = \text{constant}$ . Deze uitspraak, een wetenschappelijke wet, drukt dus een empirisch verband uit: zij is op experimentele resultaten, op ervaringen, gebaseerd.

Het betoog van Carnap zal voor de meesten van zijn lezers weinig verrassingen bevatten: dit is immers precies wat zij nog onthouden hebben uit het leerboek waaruit zij - bijvoorbeeld op de middelbare school - de grondbeginselen van de natuurkunde hebben geleerd. Het is evenwel precies dit aspect, dat Carnap's verhandeling in de ogen van de moderne wetenschapsonderzoeker verdacht maakt.

De functie van een leerboek is immers niet de ontwikkeling van wetenschap verder te brengen, maar te onderwijzen. Kunnen we er wel zonder meer van uitgaan dat dit de manier waarop over experimenten gesproken wordt onverlet laat? Een ding is wel zeker. Ook al staat in het boek een prachtige tabel

afgebeeld waarin theoretisch afgeleide waarden met experimenteel gevonden waarden worden vergeleken, waarmee zij in redelijke overeenstemming blijken te zijn, het is niet deze tabel die de leerling tot de overtuiging brengt dat  $P.V/T$  constant is. Ook de verrichtingen op het practicum, waar de leerling met moderne middelen nog eens Boyles experimenten herhaalt, hebben niet dat effect. De leerling vertrouwt de genoemde wet, niet omdat deze zo prachtig volgt uit de gepresenteerde of zelfgevonden experimentele resultaten, maar op grond van de autoriteit van de leraar die een boek voorschrijft dat de in vakkringen geaccepteerde kennis presenteert.

Maar waarom staan in leerboeken dan tabellen en waarom moeten studenten practicum lopen? Om op die vraag een antwoord te krijgen kunnen we te rade gaan bij de wetenschapshistoricus T.S. Kuhn.<sup>2</sup> Deze merkt om te beginnen op dat volgens het standaardbeeld wetten en theorieën dan wel geacht worden op waarnemingen te berusten, maar dat theoretische en experimentele waarden nimmer exact overeenstemmen. Studenten die op het practicum al te mooie waarden vinden, zullen er terecht van verdacht worden dat zij met hun resultaten hebben geknoeid. Waar het in de wetenschap om gaat is een redelijke overeenstemming tussen theoretisch voorspelde en experimenteel gevonden waarden te verkrijgen. Maar wat is 'redelijk'? Op die vraag valt geen algemeen antwoord te geven: het hangt van het vakgebied af waarin we ons bewegen (chemici bijvoorbeeld zullen in de regel met veel grotere foutenmarges tevreden zijn dan fysici) en van het tijdvak (wat vroeger voor een uitstekend resultaat doorging, kan nu niet meer door de beugel). De functie van tabellen in een leerboek is volgens Kuhn nu precies de gestelde vraag te beantwoorden, door de student te demonstreren wat in het desbetreffende vakgebied als 'redelijke overeenstemming' geldt. De tabellen tonen aan welke standaarden iemand moet voldoen om bij collega's een gehoor te vinden. In plaats van een onderbouwing te leveren voor de claim dat theorieën en wetten met de feiten overeenkomen, wijden de tabellen die in een leerboek zijn opgenomen de student in tot een belangrijk aspect van de cultuur van zijn toekomstige vakgebied: zij laten zien wat vakbeoefenaren onder 'redelijke overeenstemming' verstaan en tonen zo een van de vereisten voor vak-

manschap.

Wanneer we serieus de rol onderzoeken die metingen in de geschiedenis van de natuurwetenschappen spelen, zullen we volgens Kuhn nog andere aspecten ontdekken van wat globaal als de cultuur van een vakgebied kan worden aangeduid en waarvoor Kuhn de term 'disciplinaire matrix' heeft geïntroduceerd: de grote rol die het vocabulaire speelt waarvan een groep onderzoekers gebruik maakt; en de centrale rol van voorbeelden ('exemplars'), die de gebruikte termen met verschijnselen verbinden die in specifieke situaties zijn waar te nemen. De onderzoeker die zijn vak beheerst, beschikt - in de vorm van 'tacit knowledge' - over de elementen van die matrix. De matrix vormt de achtergrond die het handelen van onderzoekers betekenis verleent. Wie de betekenis van handelingen die onderzoekers uitvoeren, wil achterhalen, zal dan ook deze disciplinaire matrix moeten reconstrueren.

Wie daadwerkelijk uitgevoerde proeven in de natuurwetenschappen bestudeert, ontdekt volgens Kuhn dat het overgrote deel van de metingen niet verricht wordt om - zoals Carnap suggereert - nieuwe wetten te formuleren, maar om te bevestigen wat al lang in vakkringen bekend is. Experimenten worden namelijk doorgaans uitgevoerd naar het voorbeeld dat anderen hebben gesteld en in de meeste gevallen gaat de aandacht nog slechts uit naar het bepalen van de laatste plaatsen achter de komma van de experimenteel gemeten waarde. De onderzoeker die nog na moet denken over de vraag wat de relevante factoren zijn, beheerst zijn vak niet: niet de alledaagse kennis, maar de in wetenschappelijke kring geaccepteerde inzichten en het werk van voorgangers leveren de goede redenen om een factor wel of niet in beschouwing te nemen. Alleen tegen deze achtergrond zijn resultaten bovendien te interpreteren en te beoordelen. Wanneer experimenten niet de resultaten opleveren die ieder verwacht, wordt in normale gevallen ook niet de geaccepteerde kennis verworpen, maar het wetenschappelijk vakmanschap van de experimentator in twijfel getrokken. Slechts in uitzonderlijke situaties, die Kuhn als periodes van 'revolutionaire wetenschap' karakteriseert, spelen metingen een andere, meer productieve rol. Wanneer keer op keer blijkt dat experimenten anomale resultaten opleveren, of wanneer zich

onverwachte theoretische ontwikkelingen voordoen, kan het vermoeden post vatten dat de aanpak die tot dan toe is gevolgd inherente gebreken vertoont en zien we dat onderzoekers op zoek gaan naar werkelijk nieuwe ideeën en vrijer dan voorheen - dat wil zeggen: minder gebonden aan in wetenschappelijke kring geaccepteerde denkbeelden - experimenteren.

De verschillen tussen Carnap en Kuhn en daarmee tussen de oudere wetenschapsfilosofie en de nieuwere traditie kunnen nu duidelijk worden.

Carnap schrijft over de experimentele methode tegen de achtergrond van zijn filosofische ideeën over wetenschap. Wetenschappelijke kennis is kennis die gebaseerd is op ervaring - wat niet aan die vereiste voldoet, is per definitie geen wetenschappelijke kennis. De experimentele methode is vanuit dat gezichtspunt een specifieke manier om empirisch-gefundeerde kennis te verkrijgen, namelijk door doelbewuste organisatie van materiële middelen. Het hoeft ons tegen deze achtergrond ook niet te verbazen dat Carnap uitstekend uit de voeten kan met de voorstelling van zaken die in leerboeken te vinden is. In een leerboek vinden we immers de resultaten van wetenschappelijk werk, datgene wat de toets der wetenschappelijke kritiek heeft doorstaan. Carnap moet laten zien hoe dergelijke resultaten op ervaring berusten. Lang hoeft hij daar niet naar te zoeken: het leerboek vertelt dat zelf al. Het presenteert de wet, beschrijft een aantal experimenten en laat in een tabel de overeenstemming zien tussen theoretische en experimenteel gevonden waarden. Dieper dan het standaard-leerboek hoeft Carnap niet af te dalen. Met historische details hoeft hij zich niet te vermoeien. Voor Carnaps doeleinden is niet de vraag relevant hoe Boyle experimenteerde, maar hoe experimenten de wet die de naam van deze zeventiende-eeuwse onderzoeker draagt, ondersteunen.

De ingang die Kuhn kiest, is een andere. Kuhn accepteert de inhoud van leerboeken niet als het tijdeloze resultaat van wetenschappelijk werk. Carnaps filosofische preoccupaties deelt hij niet en als historicus heeft hij gezien dat leerboeken in de loop der tijd veranderen. Hij richt zijn aandacht op het feitelijk handelen van onderzoekers die historische figuren zijn, niet op het beeld daarvan dat in boeken ver-

schijnt. Zijn eerste vraag bij het leerboek is: welke rol spelen dit soort publikaties in het wetenschapsbedrijf? Tegen die achtergrond blijkt dat in het leerboek niet staat wat Carnap er in meent te zien. De vraag waar Kuhn in geïnteresseerd is, luidt: wat doen onderzoekers als zij wetenschap beoefenen, en bijvoorbeeld experimenteren?

Het is nu verleidelijk om te zeggen: Carnap gaat dus uit van een aantal filosofische veronderstellingen - vooroordelen, om het minder vriendelijk te zeggen -, terwijl Kuhn empirisch onderzoekt wat wetenschapsmensen echt doen. Hoewel we deze figuur zeker in verschillende publikaties tegenkomen, is zij curieus en onjuist. Wetenschapsonderzoekers kunnen niet zodra het over anderen gaat het empirisme als een naïeve filosofie van de hand wijzen en de theorie-geladenheid van feiten en het geconstrueerde karakter van wetenschappelijke kennis benadrukken, om vervolgens tot de orde van de dag over te gaan en te doen alsof zij de feiten en niets dan de feiten presenteren. Dat zou neerkomen op de stelling dat alle wetenschap constructie is, behalve het wetenschapsonderzoek zelf. Van wetenschapsonderzoekers mag enig besef van reflexiviteit worden verwacht. Ook Kuhn interpreteert wat hem voor ogen komt en wat wij ons dan ook dienen af te vragen is welke principes hem daarbij leiden. Het antwoord op die vraag ligt besloten in de constatering dat Kuhns werk een uitstekend voorbeeld vormt van het historisme dat kenmerkend is voor hedendaagse geschiedschrijving.

### **Het historisme in de wetenschapsgeschiedenis**

Het is niet de taak van de historicus om de bijdrage te bepalen die onderzoekers uit het verleden aan onze huidige inzichten - of nog weidser: aan 'de wetenschap' - hebben geleverd. Hij dient de betekenis te reconstrueren van wetenschappelijke bijdragen in hun tijd. Niet wat wij in de twintigste eeuw nog van waarde vinden in het werk van Boyle en daarom in natuurkundeleerboeken opnemen, maar de relatie van Boyles werk tot dat van zijn voorgangers, zijn concurrenten en zijn directe opvolgers in de wetenschap staat voor de historicus centraal. Het uitgangspunt voor de historische analyse van het werk

van een onderzoeker is met andere woorden niet diens bijdrage aan de globale ontwikkeling van kennis zoals wij die retrospectief menen te zien, maar de lokale situatie van de onderzochte en diens tijdgenoten, zonder te prejudiceren op latere ontwikkelingen die de onderzochten niet konden kennen en die als - wellicht onvoorzien en onbedoeld - gevolg van hun handelen zijn ontstaan. Moderne geschiedschrijving is 'contextualistisch', zij wordt voorwaarts, niet in kreeftegang geschreven. Om het werk van onderzoekers uit het verleden tot zijn recht te laten komen moet men het oordeel van latere generaties over wat succesvol was en wat als falen beschouwd moet worden, opschorten. Uitspraken die in onze ogen 'waar' zijn en uitspraken die heden ten dage als 'onwaar' worden beschouwd, dienen door de historicus op identieke wijze te worden behandeld. De historicus moet bij het beschrijven van het verleden als het ware even vergeten hoe het verder is gegaan.

Het staat de historicus uiteraard vrij om te vragen naar de wortels van hedendaagse wetenschappelijke ideeën en bijvoorbeeld de vraag te stellen aan welke experimenten en gedachten wat wij nu als de wet van Boyle kennen, ontsproten is. Hij dient dat echter te doen zonder te veronderstellen dat deze wet klaar lag om ontdekt te worden en dat de kennis over de relatie tussen volume, druk en temperatuur van gassen een eigen leven leidt, als 'objectieve kennis', los van opvattingen, keuzes en handelingen zelfstandig een weg door de geschiedenis loopt. De ideeën die wij aanvaarden en in leerboeken opnemen, zijn het resultaat van eindeloos veel handelingen en beslissingen en van selectieprocessen die steeds weer bij de overdracht van kennis van generatie op generatie werkzaam zijn geweest. Wetenschappelijke tradities ontleen hun sterkte, net als een draad, niet aan een of andere vezel die door de hele lengte van de draad loopt, maar juist aan het grote aantal vezels dat elkaar overlapt.<sup>3</sup>

De eis dat geschiedenis voorwaarts en niet in kreeftegang beschreven dient te worden heeft een ingrijpende verandering teweeggebracht in de manier waarop wetenschappelijke kennis beschouwd wordt. Carnap heeft nog een statisch beeld van wetenschappelijke kennis en hij kan dan ook naar haar fundamentele vragen, in de veronderstelling dat wat eens op feiten gebaseerd is, voor eeuwig stevig ver-

ankerd is. Historici zoals Kuhn hebben door de aard van hun *métier* per definitie een dynamisch beeld van kennis: wat zij in hun onderzoek tegenkomen, zijn denkbeelden die, geheel of gedeeltelijk, door nieuwe denkbeelden vervangen worden, die in de overdracht van generatie op generatie getransformeerd worden en daarbij van karakter veranderen. Van vroegere solide constructies staat soms alleen nog het skelet overeind, of zijn de fundamentele weggeslagen, zonder dat de façade is aangetast; wat eerst een theorie was, duikt later wellicht op als 'hard feit'; wat zich aanvankelijk als feit aandienende, kan door een volgende generatie als artefact van de hand worden gewezen.

Wie zich met zoiets vloeibaars als wetenschappelijke kennis in haar historische gedaante bezig houdt, kijkt verbaasd op wanneer anderen over de 'fundering' van die kennis spreken. Met betrekking tot de epistemologische aanspraken die met wetenschappelijke kennis verbonden worden, zijn hedendaagse wetenschapsonderzoekers agnosten. Zij behandelen zulke aanspraken als historische gegevens, die van generatie op generatie worden doorgegeven en daarbij in de loop der tijd veranderen - net als het geval is met al die andere elementen van wetenschappelijke tradities. De historicus stelt vast dat de aanspraak dat in wetenschappelijk onderzoek de waarheid onthuld wordt, in de loop der tijd met heel wat - onderling sterk verschillende - stijlen van wetenschappelijk argumenteren is verbonden.<sup>4</sup> Zulke stijlen zijn inherent verbonden met specifieke gemeenschappen van onderzoekers. Om dat te zien beschouwen we nogmaals de experimentele methode, maar nu door de ogen van de historicus.

### **De constitutie van een gemeenschap van experimentatoren**

Er kan weinig twijfel over bestaan dat de experimentele methode een van de belangrijkste stijlen van wetenschappelijk argumenteren vormt. Dat wij materiële middelen doelbewust kunnen organiseren, om situaties te creëren waarin wij waarnemingen kunnen verrichten die anders niet of minder goed mogelijk zijn, en dat we langs deze weg de natuur haar geheimen kunnen ontfuselen, spreekt voor ons zozeer vanzelf dat we ons nauwelijks nog kunnen in-

denken dat serieuze onderzoekers in het verleden de waarde van deze methode in twijfel hebben kunnen trekken. Toch is dat het geval geweest. We hoeven daarvoor niet eens af te dalen tot de tijd vóór de wetenschappelijke revolutie, met andere woorden tot onderzoekers die de natuur nog door een bril zagen die door de Aristotelische traditie geslepen was. Van zulke onderzoekers is bekend dat zij voor 'experimenteren' in de wetenschap geen rol zagen weggelegd. 'Natuur' is voor Aristoteles en degenen die hem volgen datgene dat zijn eigen (inherente, 'natuurlijke') loop gaat. Het sprak ook voor hen vanzelf dat we kunstmatig situaties kunnen creëren en de gebeurtenissen die dan optreden, kunnen waarnemen, maar veel zin heeft dat alles in hun ogen niet. Wat onder deze omstandigheden wordt waargenomen, zijn immers geen natuurfeiten, maar artefacten, en de resultaten die we langs deze weg bereiken, hebben met 'kennis van de natuur' niets uit te staan. Echter ook voor onderzoekers die het Aristotelische kader allang achter zich gelaten hebben, spreekt het volstrekt niet vanzelf dat de experimentele methode die in het werk van Bacon wordt gepropageerd en die door Boyle voor het eerst in volle praktijk wordt gebracht, resultaten van enige waarden oplevert. Zo ontvangen Leibniz, Spinoza, Huygens en andere zeventiende-eeuwse geleerden op het continent en ook Hobbes in Engeland - geleerden met elk een uitstekende naam - Boyles werk met grote reserves. Ook buiten de kring van filosofen bestaat sceptis. De toneelstukken van Thomas Shadwell, die met veel succes aan het einde van de zeventiende eeuw worden opgevoerd, maken Boyles experimenten - zijn pogingen, bijvoorbeeld, om het gewicht van lucht te meten - publiekelijk belachelijk. Als we in lijn met de historische principes de situatie in de zeventiende eeuw reconstrueren, zullen we dergelijke sceptis niet als een vorm van onwetendheid diskwalificeren, maar onderzoeken waaraan de experimentele methode voor sommigen haar overtuigingskracht ontleent, die haar volgens anderen niet toekomt. Daaraan valt goed te illustreren hoe de moderne wetenschapsonderzoeker gedwongen wordt zich rekenschap te geven van de onuitwisbare rol die de sociale en culturele context waarin onderzoek plaatsheeft, speelt.<sup>5</sup>

Boyles werk vindt plaats tegen de achtergrond van

wat in zijn tijd één van de belangrijkste theoretische vraagstukken in de natuurwetenschappen vormt: het al of niet bestaan van het vacuüm. Door Aristoteles was met argumenten die bijna 2000 jaar overtuigend zouden klinken de absurditeit van de gedachte dat er 'lege ruimte' kan bestaan uiteengezet. Aan het begin van de zeventiende eeuw is er echter onder meer onder invloed van beschouwingen van Galileï en proeven van diens leerling Torricelli een aantal onderzoekers dat aan de vanzelfsprekendheid van Aristoteles' stelling dat de wereld 'vol' is, begint te twijfelen. In 1659 begint Boyle te experimenteren met een luchtpomp en tracht hij het bestaan van het vacuüm te demonstreren door het vacuüm experimenteel te produceren.

Zijn bevindingen worden, zoals gezegd, met sceptis begroet. Aan de orde daarbij is niet in de eerste plaats de vraag of Boyles pomp wel in staat is iets te produceren dat met recht 'vacuüm' mag heten: Boyle is bereid toe te geven dat zijn pomp nog onvolmaakt is en lekt. Ook de vraag of er niet andere interpretaties te leveren zijn voor de verschijnselen is niet het belangrijkste thema, al zal onder anderen Hobbes later de experimenten herinterpreteren door op de mogelijkheid te wijzen dat de bol die Boyle meent te hebben leeggezogen, met zeer kleine, etherische deeltjes is gevuld. Als we kunnen vaststellen dat een stenen bloempot langzaam water kan doorlaten, kunnen we toch niet uitsluiten dat de door Boyle zorgvuldig afgesloten bol subtiele deeltjes doorlaat, zo betoogt Hobbes. De belangrijkste vraag waarvoor Boyle zich gesteld ziet, is evenwel van een andere aard, namelijk of zijn uitspraken wel als kennis kunnen worden aanvaard. Draagt Boyle wel bij tot de wetenschap (philosophy)?

Vóór 1660 worden de begrippen 'kennis' en 'opinie' door filosofen nauwgezet onderscheiden: alleen wat met absolute zekerheid bewezen kan worden, zou er aanspraak op kunnen maken 'kennis' en geen 'opinie' te zijn. Boyle en andere onderzoekers in de experimenterende traditie beginnen dit scherpe onderscheid te relativiseren en betogen dat het hoogste dat men op fysisch gebied kan verkrijgen waarschijnlijk kennis is. Deze relativisering wordt door hen niet als een betreurenswaardige aangelegenheid gezien, maar - integendeel - begroet als het terecht terugwijzen van een eerder dogmatisme. Boy-

le complementeert deze manoeuvre door zich expliciet uit te laten over de vraag onder welke omstandigheden een experimenteel resultaat als een (door een machine geproduceerd) feit kan gelden. Hij ontleent zijn ideeën op dit punt aan de juridische praktijk: alleen wat door verschillende getuigen is waargenomen kan als feit tellen. Aanvankelijk vermeldt Boyle dan ook bij zijn verslagen van experimenten de namen van degenen die getuige zijn geweest en in sommige gevallen geeft hij hun adelbrieven erbij, om duidelijk te maken dat het betrouwbare lieden betreft. Volstrekt duidelijk is in deze situatie dat 'feit' tegelijkertijd een epistemologisch en een sociaal begrip is. Al spoedig echter ontdekt Boyle een nieuwe manier om zijn experimentele resultaten publiek te maken, die door Shapin en Schaffer 'virtual witnessing' wordt genoemd. Door details te vermelden, 'werkelijkheidsgetrouwe' afbeeldingen (kopergravures) te gebruiken, en door nauwkeurig te onderscheiden wat hij als (onbetwistbaar) feit beschouwt en wat als (ter discussie staande) interpretatie, ontwikkelt Boyle de literaire stijl die geschikt is om experimentele bevindingen als feiten te rapporteren: aan de lezer wordt gesuggereerd dat deze, indien hij bij het experiment aanwezig was geweest, hetzelfde zou hebben gezien en dat hij iedere stap zelf kan controleren. Boyle biedt zijn lezers zelfs zijn excuses aan voor het feit dat de geschriften door de veelheid van details die in lange zinnen worden geperst er niet fraaier op worden. De waarheid is hem echter liever dan de eisen van de retorica, zo merkt hij op. In zijn methodologische geschriften gaat Boyle tenslotte ook in op de omgangsvormen onder onderzoekers, die zinvolle discussie mogelijk maken. Hij maakt duidelijk dat hij met name degenen die zelf ook 'feiten' aandragen als serieuze gesprekspartners ziet. De experimenten dienen in een publieke ruimte te worden uitgevoerd, maar wil het publiek zijn functie kunnen vervullen dan moet het wel aan kwalitatieve eisen voldoen. Men dient te vertrouwen te zijn - en dus van goede stand - en zich in debatten beheerst te kunnen gedragen. Hobbes heeft het met dat laatste nogal eens moeilijk en hij wordt dan ook niet toegelaten tot de Royal Society.

Bijna elk van de elementen die Boyle nodig heeft om zijn experimentele resultaten voor 'kennis van feiten' te laten doorgaan, stuit op verzet. De ratio-

nalistische filosofen op het Continent betwisten dat het verstandig is om de eisen die aan kennis gesteld dienen te worden te verwateren en houden vast aan de eis van bewijsbaarheid. De literaire stijl van Boyle wordt in de reeds genoemde toneelstukken belachelijk gemaakt: de persoon die in deze stukken Boyles experimenten op het toneel uitvoert, drukt zich in lange en onbegrijpelijke zinnen uit. Hobbes spreekt er zijn verbazing over uit dat Boyle een genootschap van vijftig mensen die in Gresham College samenkomen - de Royal Society - als een 'publieke ruimte' beschouwt.

De discussies tussen Boyle en zijn tijdgenoten laten zien dat de produktie van en het spreken over 'feiten' niet te scheiden zaken zijn. Zij demonstren bovendien dat het spreken over feiten niet louter een kwestie is van het doen van uitspraken die al dan niet geaccepteerd kunnen worden, maar praktijken veronderstelt: omgangsvormen, rituelen, een bepaalde stijl. Zulke praktijken kan iemand niet in zijn eentje volgen: zij veronderstellen de aanwezigheid van een gemeenschap die in deze praktijken deelt. Aan het voorbeeld van Boyle kunnen we zien dat de experimentele methode niet alleen bestaat uit het op een geschikte manier organiseren van materiële middelen, teneinde zo ervaringen te kunnen opdoen die we anders niet of moeilijk zouden kunnen verwerven. Natuurlijk, Boyle had voor veel van zijn experimenten een luchtpomp nodig, een duur en voor zijn tijd uiterst gecompliceerd instrument. Zijn bevindingen berustten echter niet alleen op deze technologie, maar ook op literaire en sociale technieken, op manieren van schrijven, discussiëren en onderling verkeer. Het beoefenen van wetenschap is geen individuele aangelegenheid, maar essentieel een zaak van collectieven. In de empiristische wetenschapsfilosofie is dat punt nimmer onderkend. Wat Carnap over de experimentele methode schrijft, zou ook door Robinson Crusoe kunnen worden gevolgd. In het leerboek waaraan Carnap zijn beeld van het experiment ontleent, komt de literaire en sociale kant van de methode evenmin expliciet aan bod: het leerboek is zelf een onderdeel van deze technieken. Wie het bestudeert, begint aan de praktijken te participeren die aan de produktie en het communiceren van 'matters of fact' ten grondslag liggen. Gaandeweg worden leerlingen in-

gelijfd in de gemeenschap en de cultuur van degenen die 'de natuur' bestuderen. Eenmaal onderzoeker geworden, zullen zij - als vissen in het water - niet meer opmerken waarin zij zich bewegen.

### Wetenschapstheorie en filosofisch pragmatisme

De conclusie dat gemeenschappen een onuitwisbare rol spelen bij zowel het ontstaan van wetenschappelijke kennis als bij kwesties die de geldigheid van die kennis betreffen, heeft niet alleen het voor de hand liggende gevolg gehad dat sociologische analyses van wetenschappelijke kennis van belang werden. Zij heeft ook een radicale verandering teweeggebracht in de filosofische problematiek rond wetenschap.

De filosofische vragen die traditioneel rond wetenschap rezen, kunnen betrekkelijk gemakkelijk op één noemer worden gebracht. Wetenschap is verbonden met de aanspraak dat wie haar weg volgt waarheid zal produceren - of tenminste: meer waarheid en minder onwaarheid zal voortbrengen, dan wie een andere weg bewandelt. Onder 'waarheid' kunnen we daarbij de traditionele notie van 'correspondentie met de feiten' verstaan: een uitspraak is waar als de zaken zo zijn als de uitspraak stelt, en anders onwaar. De wetenschapsfilosofie kreeg tegen deze achtergrond de taak de methode uiteen te zetten die het ons mogelijk maakt uitspraken te doen die met feiten corresponderen. Wat is de bijzondere aard van deze wetenschappelijke methode, die ons in staat stelt de natuur in onze theorieën te spiegelen?

De moderne wetenschapstheoreticus komt voor andere filosofische problemen te staan. Hij ziet zich niet de vraag gesteld hoe 'de' wetenschappelijke kennis 'de' wereld afbeeldt. Voor de wetenschapsonderzoeker levert niet reeds verworven wetenschappelijke kennis, maar het wetenschappelijk handelen de ingang voor filosofische reflecties over wetenschap. Hij richt zich - zoals Latour het uitdrukt - niet op 'ready-made science', maar op 'science in action'.<sup>6</sup> De wetenschapstheoreticus treft een gemeenschap van onderzoekers aan waarbinnen gedachtenuitwisseling plaatsvindt en komt voor de vraag te staan: wat stelt deze mensen in staat om met

elkaar te communiceren en waarover spreken zij? Niet in het filosofisch empirisme, maar in het werk van pragmatisten als Peirce en Dewey en in de antropologisch-georiënteerde taal filosofie van de latere Wittgenstein en Quine, en in de geschriften van Goodman en Rorty kan hij voor zijn vraagstelling aangrijpingspunten vinden.

De wetenschapsonderzoeker constateert dat over een aantal kwesties binnen de gemeenschap die hij onderzoekt twijfel is gerezen, terwijl andere opvattingen als vanzelfsprekend worden aanvaard. Deze mix van twijfel en zekerheid kan het aangrijpingspunt vormen voor een nader epistemologisch onderzoek.

Neem als voorbeeld wederom Boyle. Door het werk van Galileï en Torricelli is twijfel gerezen over een flink aantal van de ideeën over lucht en gassen die lange tijd werden geaccepteerd. Boyles eerste experimenten hebben hem op het vermoeden gebracht dat er een samenhang bestaat tussen (wat wij nu noemen) volume en druk. Maar is het ook zo? Het is mogelijk dat wat Boyle voor een feit houdt slechts een artefact is. Om aan deze twijfel een eind te maken doet Boyle onderzoek: hij verricht experimenten, argumenteert, trekt conclusies. Dit alles brengt hem en een deel van zijn collega's tot de overtuiging dat het inderdaad een feit is: dat druk en volume van gassen samenhangen op een wijze die kan worden uitgedrukt door de formule  $P \cdot V = \text{constant}$ . Maar de enige manier om dit feit uit te drukken is door gebruik te maken van precies deze formule:  $P \cdot V = \text{constant}$ . Bewering en feit zijn twee zijden van een en dezelfde medaille. Wat eerder een vermoeden was - en mogelijk naar een artefact verwees - heeft in de loop van de tijd een naar een feit verwijzend karakter gekregen. Voordat de wetenschappelijke gemeenschap instemde met het feit was het geen feit, maar een feit-of-artefact-?, een vermoeden. Bij het zoeken zelf heeft het feit zelf geen enkele rol gespeeld: het enige wat Boyle ter beschikking stond om zijn twijfels tot een slotsom te brengen waren argumenten, redenen, overwegingen en de uitkomsten van zijn experimenten. Met aan termen die we aan Peirce kunnen ontlenuen, kunnen we zeggen dat op die gronden de oorspronkelijke *doubt* werd omgezet in *fixed belief*.<sup>7</sup>

Nadat de gemeenschap van onderzoekers met



Boyles conclusie heeft ingestemd, zijn fysici hun eigen geschiedenis gaan herinterpreteren. Dit is het feit waarnaar Boyle steeds op zoek is geweest. Het heeft al die tijd klaar gelegen om ontdekt te worden. Vreemd dat niemand het eerder heeft opgemerkt! Maar wat terugkijkend als een reeds altijd bestaand feit beschouwd wordt, was geen feit voordat het door de gemeenschap van onderzoekers geaffirmeed was. Niemand kon zijn handelen er op afstemmen. Het was een vermoeden dat in het intellectuele landschap de positie had van een ANWB-bord dat naar een weg wijst die nog moet worden aangelegd. Het wijst al wel, maar niemand weet of de weg ooit werkelijk begaanbaar zal zijn.

Peirce formuleert deze conclusie radicaal. 'Realiteit' is niet het begin - maar het eindpunt van onderzoek, het geheel van opvattingen dat aanvaard wordt na het onderzoek, wanneer alle informatie verwerkt is en ieder zijn zegje heeft kunnen doen. Het begrip 'Realiteit' veronderstelt volgens Peirce dan ook het begrip 'Gemeenschap van onderzoekers'. Alleen tegen de achtergrond van een bepaalde mix van 'twijfel' en 'zekerheid' hebben begrippen als 'kennis', 'ervaring', 'waarheid' en 'werkelijkheid' betekenis, zo betoogt Wittgenstein.<sup>8</sup> Die mix is karakteristiek voor een levensvorm. Boyle heeft niet alleen een nieuwe stijl van redeneren in het leven geroepen, maar ook een nieuwe versie van de wereld.<sup>9</sup>

De traditionele filosoof ziet in de ontwikkeling van wetenschappelijke kennis de zelfcorrigerende mechanismen van de wetenschappelijke methode aan het werk, die ervoor zorgen dat onze theorieën de waarheid steeds meer benaderen, met andere woorden steeds 'werkelijkheidsadequater' worden, dat wil zeggen steeds beter de werkelijkheid-als-zodanig in kaart brengen. De bijzondere aard van de wetenschappelijke methode zou een *realistische* interpretatie van wetenschappelijke kennis mogelijk maken. Maar hoe verklaart de wetenschapstheoreticus dat wetenschappelijke onderzoekingen na menige valse start, na de nodige omwegen en dwalingen, toch op den duur steeds weer tot de waarheid blijken te leiden? Het kortste antwoord op deze vraag is afkomstig van de Poolse filosoof en medicus Ludwik Fleck, die aan het pragmatisme verwante ideeën heeft verwoord en die grote invloed gehad heeft op het werk van Kuhn.<sup>10</sup> Dit probleem, zo stelt Fleck,

lijkt sterk op dat van hoe het toch komt dat alle rivieren, aan welke bron zij ook ontspringen en hoeveel kronkels zij ook in hun loop hebben, in zee uitmonden. Het antwoord luidt natuurlijk: er is geen zee-als-zodanig. De plaats waar rivieren te zamen komen, noemen we 'de zee'. Zolang er maar voldoende water stroomt en de zwaartekracht werkzaam is, zullen rivieren naar zee stromen. Zo bestaat er ook geen 'realiteit-als-zodanig' die door onze theorieën langzaam benaderd wordt: de realiteit, die is per definitie het (virtuele) eindpunt van onderzoek, het punt waarop geen twijfel meer rijst. Zolang er voldoende onderzoekers zijn die hun activiteiten richten op het corrigeren van hun opvattingen, zal kennis zich blijven ontwikkelen. Maar zoals de rivier geen weet heeft van de zee waarin zij zal uitmonden, zo helpt het begrip 'realiteit' ons niet bij het bepalen van de koers van de kennis-ontwikkeling. Realisme is een filosofische interpretatie achteraf, als de wetenschappelijke strijd geluwd is, een manier om 'ready-made science' een chic gewaad te verlenen.

Wie zich op wetenschappelijk handelen richt, vindt in het realisme echter geen steun om het handelen van wetenschapsbeoefenaren te interpreteren. Niet de zuigkracht van de zee, maar de stuwkracht van het vallende water en de weerbarstigheid van de grond waarover zij voert, bepalen de loop van de rivier. De rivier moet op ieder punt opnieuw haar bedding vinden; dat geldt ook voor kennis. Pragmatisten en moderne wetenschapstheoretici betwisten uiteraard niet dat 'de wereld' bestaat. Wat zij bestrijden, is de gedachte dat de activiteiten van onderzoekers - het formuleren van theorieën, het verzamelen van gegevens, het toetsen van vermoedens, het uitvoeren van experimenten, het opstellen van een mathematisch bewijs, enzovoort - beschreven kunnen worden met behulp van de metafoer die stelt dat het de taak van de wetenschap is een gegeven wereld in kaart te brengen. Een dergelijke met name door empiristische overwegingen ingegeven formulering valt niet met het feitelijke *handelen* van onderzoekers te verenigen, zo stellen zij.

- \* Een bewerking van deze tekst zal verschijnen als hoofdstuk in: L. Boon en G. de Vries ed., *Wetenschapstheorie - de empirische wending* (Groningen 1989).

## Noten

1. R. Carnap, *An introduction to the philosophy of science* (2e druk; New York 1974).
2. T.S. Kuhn, 'The function of measurement in modern physical science' in: Idem, *The essential tension* (Chicago 1977).
3. De metafoor is uiteraard van L. Wittgenstein, *Philosophische Untersuchungen* (Frankfurt a.M. 1970) par. 67. Zie verder voor het in deze alinea behandelde thema Rein de Wilde en Gerard de Vries, 'De constructie van historische continuïteit' in: J.L. Peschar en W. van Rossum ed., *Wetenschap en technologie. De ontwikkeling van het wetenschapsonderzoek in Nederland* (Deventer 1987) 56-71 (*Mens en Maatschappij* Boekaflevering 1987).
4. Voor de term 'stijl van wetenschappelijk argumenteren' zie I. Hacking, 'Language, truth and reason' in: M. Hollis en S. Lukes ed., *Rationality and relativism* (Oxford 1982).
5. Zie voor het volgende S. Shapin en S. Schaffer, *Leviathan and the airpump* (Princeton 1985).
6. B. Latour, *Science in action* (Milton Keynes 1987).
7. C.S. Peirce, 'The fixation of belief' in: *Collected papers V* (Cambridge Mass. 1965).
8. L. Wittgenstein, *Ueber Gewissheit* (Frankfurt a.M. 1970).
9. N. Goodman, *Ways of world-making* (Indianapolis 1981).
10. L. Fleck, *Genesis and development of a scientific fact* (Chicago 1979).