

overigens in dit artikel het aksent leggen op de rationale rekonstruktie van het ontdekkingsproces met behulp van zaken als 'induktieve expansie', 'retroductie' en heuristische komputerprogramma's. De ontdekking van 'feiten', hypothesen en theorieën is echter ook een sociaal verschijnsel, zoals Fleck (1935) in zijn theorie van het 'Denkkollektiv' op overtuigende wijze heeft laten zien. We zullen in dit korte bestek deze uiterst belangrijke dimensie van de ontdekkingskontekst echter buiten beschouwing laten (zie hierover bijvoorbeeld Brannigan, 1981).

Voor de pedagogiek en de sociale wetenschappen in het algemeen is van belang in hoeverre er sprake kan zijn van het op rationele wijze genereren van theorieën en hypothesen, en indien dit niet mogelijk zou blijken te zijn, op welke wijze uit het woud van zich aandienende hypothesen en mini-theorieën een keuze gemaakt kan worden. Tevens dient de vraag beantwoord te worden in hoeverre resultaten van de discussies met betrekking tot de ontdekkingskontekst, zoals die met name binnen de wetenschapsfilosofie van de natuurwetenschappen gevoerd zijn, vruchtbaar gemaakt kunnen worden voor de wetenschapstheorie van de pedagogiek.

Alhoewel wij hier uitgaan van het belang van theorievorming (vgl. Van IJzendoorn, 1982; Miedema/Van der Zande, 1982), waarbij theorieën opgevat worden als algemene verklaringsschema's met betrekking tot het objektgebied, zullen we in het onderhavige artikel niet nader ingaan op de kwestie van het zoeken naar universele wetmatigheden of regelmatigheden.

1. ACHTERGRONDEN VAN HET KONTEKSTENONDERSCHEID

Sinds kort vindt een opleving plaats van de aandacht voor de ontdekkingskontekst. Zo noemt Wartofsky (1980) het een 'schandaal' dat de moderne wetenschapsfilosofie de problemen van de ontdekkingskontekst nog nauwelijks heeft bestudeerd en hij pleit voor intensivering van de onderzoekspanningen. Steeds vaker wordt ook het klassieke kontekstenonderscheid dat vooral door Popper werd gepropageerd, bekritiseerd en geamendeerd. Laudan (1980) klaagt bijvoorbeeld over alle 'nonsens' die er in de loop der jaren over is verkondigd en pleit ervoor tussen ontdekking en rechtvaardiging van theorieën een fase van de 'pursuit' (Laudan 1977; vgl. Withaar, 1979) te schakelen, waarin een voorlopig afwegingsproces van een theorie op goede, maar niet strikt logische gronden plaatsvindt. Zoals bekend, ziet iemand als Feyerabend helemaal niets in het kontekstenonderscheid: hij meent dat procedures die gevolgd worden bij de 'ontdekking'

DISCOVERABILIA IN DE ONTDEKKINGSKONTEKST

Rationele rekonstruktie van de ontdekkingskontekst in het licht van ontwikkelingen in de wetenschapsfilosofie van de natuurwetenschappen.

R. VAN DER VEER, S. MIEDEMA, M.H. VAN IJZENDOORN

Eén van de belangrijkste problemen waar de pedagogiek en de sociale wetenschappen in het algemeen mee worden gekonfronteerd, is de grote verscheidenheid aan hypothesen en mini-theorieën die aan het proces van empirische toetsing onderworpen worden. Zoals we elders hebben laten zien wordt de vooruitgang in bijvoorbeeld de psychologie ernstig belemmerd doordat iedere onderzoeker een tamelijk willekeurige greep uit de grabbelton van mogelijke hypothesen mag doen en daarmee aan de slag kan gaan zonder zich voor deze specifieke keuze uitgebreid te hebben moeten verantwoorden. Het genereren van hypothesen is niet gereguleerd, en de herkomst van de 'boude gissingen' lijkt nauwelijks van belang te zijn, mits de toetsing ervan maar streng genoeg verloopt. De verbrokkeling van het verworven kennisbestand moet hierbij op de koop toe genomen worden. Niet iedere wetenschapsfilosoof legt zich bij deze stand van zaken neer. Zo heeft Holzkamp geprobeerd de 'anarchie' van de ontdekkingskontekst te bestrijden met zijn functioneel-historische methode, maar aan deze benadering bleken nog de nodige feilen te kleven (zie Van IJzendoorn, Van der Veer, Goossens, 1981).

Met name in de wetenschapsfilosofie van de natuurwetenschappen is over een systematische benadering van de ontdekkingskontekst nagedacht en het is onze bedoeling in dit artikel enkele vooraanstaande propagandisten van een verwetenschappelijking van de ontdekkingskontekst te bespreken. We zullen hier met name aandacht besteden aan enkele recente ontwikkelingen op dit terrein, zoals Simons computergestuurde aanpak. Simon blijkt door zijn inductivistische wetenschapsopvatting vooral bij Reichenbach aan te sluiten, maar een verdere uitwerking van de ideeën van Hanson, zo zullen we aantonen, zou een goede aanvulling kunnen zijn. We zullen de ideeën van Reichenbach aan wie de termen 'ontdekkingskontekst' en 'rechtvaardigheidskontekst' zijn ontleend, en van Hanson die met recht de grondlegger van de hedendaagse studie van de ontdekkingskontekst wordt genoemd, bediskussiëren en laten zien hoe hedendaagse 'friends of discovery' met het gedachtegoed van hun voorlopers zijn omgesprongen. We zullen

overigens in dit artikel het aksent leggen op de rationele rekonstruktie van het ontdekkingsproces met behulp van zaken als 'induktieve expansie', 'retroductie' en heuristische komputerprogramma's. De ontdekking van 'feiten', hypothesen en theorieën is echter ook een sociaal verschijnsel, zoals Fleck (1935) in zijn theorie van het 'Denkkollektiv' op overtuigende wijze heeft laten zien. We zullen in dit korte bestek deze uiterst belangrijke dimensie van de ontdekkingskontekst echter buiten beschouwing laten (zie hierover bijvoorbeeld Brannigan, 1981).

Voor de pedagogiek en de sociale wetenschappen in het algemeen is van belang in hoeverre er sprake kan zijn van het op rationele wijze genereren van theorieën en hypothesen, en indien dit niet mogelijk zou blijken te zijn, op welke wijze uit het woud van zich aandienende hypothesen en mini-theorieën een keuze gemaakt kan worden. Tevens dient de vraag beantwoord te worden in hoeverre resultaten van de discussies met betrekking tot de ontdekkingskontekst, zoals die met name binnen de wetenschapsfilosofie van de natuurwetenschappen gevoerd zijn, vruchtbaar gemaakt kunnen worden voor de wetenschapstheorie van de pedagogiek. Alhoewel wij hier uitgaan van het belang van theorievorming (vgl. Van IJzendoorn, 1982; Miedema/Van der Zande, 1982), waarbij theorieën opgevat worden als algemene verklaringsschema's met betrekking tot het objektgebied, zullen we in het onderhavige artikel niet nader ingaan op de kwestie van het zoeken naar universele wetmatigheden of regelmatigheden.

1. ACHTERGRONDEN VAN HET KONTEKSTENONDERSCHEID

Sinds kort vindt een opleving plaats van de aandacht voor de ontdekkingskontekst. Zo noemt Wartofsky (1980) het een 'schandaal' dat de moderne wetenschapsfilosofie de problemen van de ontdekkingskontekst nog nauwelijks heeft bestudeerd en hij pleit voor intensivering van de onderzoekspanningen. Steeds vaker wordt ook het klassieke kontekstenonderscheid dat vooral door Popper werd gepropageerd, bekritiseerd en geamendeerd. Laudan (1980) klaagt bijvoorbeeld over alle 'nonsens' die er in de loop der jaren over is verkondigd en pleit ervoor tussen ontdekking en rechtvaardiging van theorieën een fase van de 'pursuit' (Laudan 1977; vgl. Withaar, 1979) te schakelen, waarin een voorlopig afwegingsproces van een theorie op goede, maar niet strikt logische gronden plaatsvindt. Zoals bekend, ziet iemand als Feyerabend helemaal niets in het kontekstenonderscheid: hij meent dat procedures die gevolgd worden bij de 'ontdekking'

van een theorie minstens even belangrijk voor de wetenschapsontwikkeling zijn als de geïdealiseerde rechtvaardigingsmethodologie (Feyerabend, 1977, p.204 ff). Zo wordt van verschillende kanten geknaagd aan Poppers visie op het kontekstenonderscheid en aan zijn stelling dat de ontdekkingskontekst uitsluitend voer voor psychologen, sociologen, antropologen, etc. vormt (Popper, 1959, p.31 f.).

We hebben hiervoor over een 'opleving' gesproken, omdat het niet de eerste keer in de geschiedenis is dat de ontdekkingskontekst van groot wetenschappelijk en wetenschapsfilosofisch belang wordt geacht. Het spreekt vanzelf dat een rationele rekonstruktie van het ontdekkingsproces de mogelijkheden tot sturing en stimulering van die eerste fase in het onderzoeksproces aanzienlijk kan verruimen. In een tijd echter, waarin een infallibilistische en inductivistische wetenschapsopvatting domineerde (17e en 18e eeuw), kwam hier nog bij dat het ontdekkingsproces tegelijk een rechtvaardiging van de inductief afgeleide theorie vormde. Theorieën opgevat als koppelingen van empirische generalisaties, kunnen vanaf het prille begin op hun waarheidsgehalte getoetst worden. Ontdekken en rechtvaardigen vallen als het ware samen en dat maakt een nauwkeurige studie van de ontdekkingskontekst noodzakelijk. Laudan (1980), die een globale schets van de historische achtergronden van het kontekstenonderscheid tot aan Reichenbach geeft, ziet rond 1750 een omslagpunt, als de idee van een verklarende theorie met niet direkt waarneembare konstrukten terrein wint. Het wordt dan moeilijker het inductivisme te blijven beschouwen als een juiste weergave van het onderzoeksproces. Het deduktivisme en daarmee ook het fallibilisme (niet alle konsekwenties van een theorie kunnen immers getoetst worden) komen dan langzamerhand op en daarmee raakt de ontdekkingskontekst als veld van wetenschapsfilosofisch onderzoek 'getaboeïseerd'.

2. REICHENBACHS KONTEKSTENONDERSCHIED EN DE INDUKTIEVE EXPANSIE

Van Reichenbach (1938) is de gebruikelijke terminologie voor het kontekstenonderscheid afkomstig. Popper geeft Reichenbach de eer het onderscheid als één van de eersten scherp te hebben gezien en evenals hij te hebben gepleit voor een rationele (i.c. logische) rekonstruktie van uitsluitend de rechtvaardigingskontekst. Volgens Popper maakt Reichenbach onderscheid tussen een procedure om hypothesen te genereren en een procedure om hypothesen te rechtvaardigen (Popper 1959, p.315), en alleen laatstgenoemde is onderwerp van wetenschapsfilosofische discussie. Deze interpretatie is

door velen na hem overgenomen. Bij nadere analyse van Reichenbachs ideeën blijkt hij echter gerehabiliteerd te moeten worden als één van de eerste moderne propagandisten van de bestudering van de ontdekkingskontekst. Immers, als hij voor de eerste keer de klassieke terminologie gebruikt (1938, p.6 f.) doelt hij onmiskenbaar op het onderscheid tussen denkprocessen van individuele onderzoekers en de publiekelijk toegankelijke schriftelijke neerslag van deze denkprocessen: "the well-known difference between the thinker's way of finding (the) theorem and his way of presenting it before a public" wordt aangeduid met "the terms *context of discovery* and *context of justification*" (1938, p.6, 7). Wetenschapstheorie moet zich in zijn ogen alleen bezighouden met de rationele rekonstruktie van de schriftelijk vastgelegde eerste-orde rekonstrukties van de onderzoekers m.b.t. hun eigen denkprocessen. Rationele rekonstruktie wordt in dit verband kort en krachtig gedefinieerd als 'het vervangen van denken door te rechtvaardigen operaties' (1938, p.7) en dus niet zonder meer geïdentificeerd met logische rekonstruktie. Reichenbach acht daarmee de ontdekkingskontekst rationeel rekonstrueerbaar voorzover het niet de achterliggende psychologische denkprocessen betreft. Dit leidt tot de eigenaardige situatie dat Popper het kontekstenonderscheid ontleent aan een wetenschapsfilosoof die de rationele rekonstruktie van de ontdekkingskontekst als een reële mogelijkheid inschat, en zelfs zou moeten propageren, gezien zijn inductivistisch-probabilistische uitgangspunten. In deze kontekst gaat het immers om het formuleren van hypothesen (proposities) die aanspraak kunnen maken op een zekere waarschijnlijkheid tegen de achtergrond van voorhanden kennis en gegevens, en die uitzicht bieden op een hogere waarschijnlijkheid zodra de speurtocht naar konfirmerend bewijsmateriaal is gestart. Een wetenschappelijke ontdekking kan in tegenstelling tot een hypothese van een 'helderziende' op inductieve wijze vastgehaakt worden aan bestaande gegevens, en wordt gekenmerkt door een onverwachte kijk op relaties tussen verschillende elementen uit het kennisbestand. De heuristische methode bij uitstek is dan ook de 'inductive expansion' die van bekende feiten naar een nieuwe theorie met onbekende vergezichten voert. In het vroege werk van Reichenbach is beslist geen mystifikatie van het heuristisch proces te vinden, hoewel ook hij het aktuele denkproces voor psychologische analyse reserveert. Wetenschapsfilosofisch gezien zijn zelfs geniale ontdekkers als Einstein echter 'niet meer dan' handige inductivisten die de inductieve methode perfekter weten toe te passen dan hun kollega's. Een inductivistisch-probabilistische wetenschapsopvatting zou ook niet goed te verenigen

zijn met een scherp Popperiaans kontekstenonderscheid, omdat konfirmatie een kumulatief proces is waarbij een propositie steeds meer aan waarschijnlijkheid wint. Er zijn dus niet, zoals bij Popper, verschillende, streng te onderscheiden, fasen in het onderzoeksproces. Al vanaf het prille bestaan moet een hypothese enige waarschijnlijkheid bezitten om tot verdere konfirmatie-pogingen aanleiding te geven: de 'inductive expansion' zorgt ervoor dat onwaarschijnlijke proposities uit het onderzoeksproces gebannen worden. Dit kontrasteert scherp met de gang van zaken in een falsifikationistische traditie waarin juist gemikt wordt op toetsing van hypothesen die niet voor de hand liggen en een geringe waarschijnlijkheid bezitten. Omdat "(the) situation before the confirmation differs from that after it only in degree" (Reichenbach, 1938, p.383) is het onzin te menen dat het rationele rekonstruktieproces ergens halverwege zou moeten aanvangen. In feite fungeert ook bij Reichenbach de ontdekkingslogika als een rechtvaardigingslogika, vanwege het ontbreken van een scherpe caesuur tussen konfirmeren en rechtvaardigen.

Overigens is Reichenbach zelf niet geheel consistent in zijn uiteenzettingen over en naar aanleiding van het kontekstenonderscheid. Zo formuleert hij in een later werk over 'The rise of scientific philosophy' (1954) de stelling dat inductie juist géén heuristische waarde heeft, maar slechts in de rechtvaardigingskontekst een (hoofd-)rol speelt. Nog sterker: "The act of discovery escapes logical analysis: there are no logical rules in terms of which 'a discovery machine' could be constructed that would take over the creative function of genius" (1954, p.231), hoewel hij eerder geniale creativiteit omschreef als het perfecte gebruik van de machtigste heuristiek, namelijk de inductieve methode.² Zoals we hebben aangegeven, past deze laatste visie echter beter in zijn inductivistisch-probabilistische wetenschapsopvatting. Aangezien Reichenbach rationele rekonstruktie niet verengt tot logische rekonstruktie, maar goede redenen, pragmatische elementen e.d., een plaats geeft in de rekonstruktie, eventueel in de vorm van 'constraints' waarbinnen een inductivistische oplossing gevonden moet worden, beschouwen we hem dan ook als een voorloper van bijvoorbeeld Simon, die heuristische komputerprogramma's ontwikkelt voor de speurtocht naar alternatieve interpretaties van voorhanden data-bestanden (zie paragraaf 6.).

3 RETRODUKTIE ALS ONTDEKKINGSLOGIKA

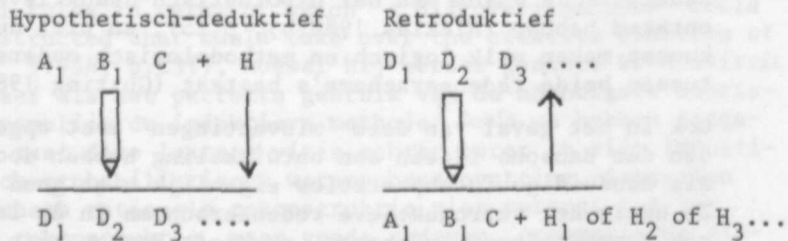
Hanson is één van de velen geweest die Reichenbach ten onrechte als tegenstander van de studie van de ontdekkingskontekst in Popperiaanse zin hebben beschouwd. Zo interpreteert hij Reichenbach als een wetenschapsfilosoof die zich uitsluitend met logische rekonstruktie wil bezighouden en daarvoor eigenlijk alleen de rechtvaardigingskontekst geschikt acht. Hanson zou zelf daarentegen vooral de aandacht willen richten op het aktuele redeneerproces binnen de ontdekkingskontekst en deze via een 'logika' van goede argumenten, een 'logica major', willen beschrijven (1961, 1965). Zoals we hiervoor hebben gezien is dit een onjuiste interpretatie van Reichenbachs werk, als we diens latere en voor een breed publiek geschreven boek over de opkomst van een wetenschappelijke filosofie buiten beschouwing laten (Reichenbach, 1954). Ook Hanson is echter niet aan dit lot van misinterpretaties ontkomen. Zo zou hij volgens Nickles, één van de belangrijkste hedendaagse voorvechters van een intensievere bestudering van de ontdekkingskontekst, alleen een logika van de 'preliminary evaluation' (Nickles 1980(e), p.24) hebben ontwikkeld. Het daarbij gehanteerde abduktieve of retroduktieve redeneerschema - afkomstig van Peirce - zou geen geschikt middel zijn om het proces van voorstellen ('suggesting', Hanson 1961) of het in overweging nemen ('entertaining', Hanson 1965) van een hypothese inzichtelijk te maken en te verantwoorden. Tevens zou Hanson de heuristische waarde van het hypothetisch-deduktieve schema ontkend hebben (Nickles 1980(b), p.25), en niet duidelijk kunnen maken welk logisch en methodologisch onderscheid tussen beide redeneerschema's bestaat (Gutting 1980, p.225).

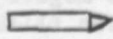
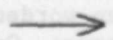
Ook in het geval van deze 'misvattingen' moet opgemerkt worden dat Hansons ideeën een ontwikkeling hebben doorgemaakt die eenduidige interpretaties eigenlijk niet goed toelaten. Zo heeft het retroduktieve redeneerschema in de loop der jaren veranderingen ondergaan, en heeft Hanson zijn opvattingen over de reikwijdte van de 'logika' van de ontdekkingskontekst gewijzigd. In 'Patterns of Discovery' (1958) maakt hij duidelijk dat de "initial formation of H- the 'click', intuition, hunch, insight, perception etc." een zaak is van de psychologie en dat het hem erom gaat de rationale achter het voorstellen van een hypothese (H) als mogelijke explikans op het spoor te komen. Meerdere hypothesen flitsen immers door het hoofd van de onderzoeker. Sommigen worden meteen verworpen, anderen worden in beschouwing genomen. Op grond waarvan? Evenals de meeste wetenschapsfilosofen plaatst ook hij het psychologische gedeelte van het ontdekkingsgebeuren buiten de discussie. In zijn latere werk echter toont hij zich op-

timistischer over de mogelijkheid het aktuele redeneerproces van de onderzoeker te kunnen beschrijven, en wel met behulp van het retroductieve schema (1965, p.50). Toch lijkt het dan eerder te gaan om een rationele rekonstruktie van het ontdekkingsproces zoals door de onderzoeker gerapporteerd, dan om een psychologisch verantwoorde beschrijving ervan.

Het hiervoor al herhaaldelijk genoemde retroductie-schema richt zich op hypothesevorming als gevolg van het ontstaan van een anomalie. Beschrijvingen van onverwachte waarnemingen, die niet stroken met een gevestigde theorie, geven aanleiding tot een achterwaarts gericht zoekproces naar nieuwe hypothesen die de anomalie verklaarbaar kunnen maken. Terwijl in het hypothetisch-deductieve schema voorspellingen over standen van zaken worden gedaan op grond van een gevestigde theorie, een daaruit gededuceede hypothese en randvoorwaarden, beschrijft het retroductieve schema (in zijn laatste versie) de gang van zaken bij de interpretatie van anomalieën die zich bij hypothetisch-deductieve afleidingen kunnen voordoen. Men zoekt dan naar typen hypothesen die - indien juist - de anomaleuse verschijnselen in 'doodgewone' en met gevestigde theorieën kompatible waarnemingen omtoveren. Heeft men dergelijke hypothesen gevonden, dan is er een goede reden te onderzoeken of de hypothese aanvaardbaar is, d.w.z. strookt met empirie en gevestigde theorie.

In schema:



- Legenda: $A_1 \quad B_1 \quad C$: beginvoorwaarden
 H : hypothese
 $D_1 \quad D_2 \quad D_3$: observatie-uitspraken, c.q. anomalieën
 : feitelijke procedure
 : logische richting van het afleidingsproces

De beide schema's vullen elkaar aan en kunnen beide leiden

tot 'ontdekkingen' (ontdekkingskontekst) alsmede tot goede redenen voor de akseptatie van een theorie (rechtvaardigingskontekst). De hypothetisch-deduktieve procedure kan leiden tot de ontdekking van nieuwe verschijnselen (bijv. de ontdekking van Pluto, zie Hanson, 1963, p. 24) en tot (voorlopige) aanvaarding van een theorie die vele falsifikatiepogingen succesvol heeft doorstaan. De retroductieve procedure kan eveneens leiden tot een ontdekking, in dit geval van een vruchtbare hypothese, alsmede tot goede argumenten voor het aanvaarden van die hypothese, aangezien de beide schema's logisch identiek zijn en slechts voor wat betreft de *procedure* en *epistemische kontekst* (1965, p.59) (namelijk in het ene geval gericht op rechtvaardiging, in het andere geval op³aanvaardbare interpretatie van anomalieën) verschillen. De retroductie levert doorgaans een aantal typen hypothesen op die de anomalieën aannemelijk kunnen maken. De beslissing over de keuze van de meestbelovende hypothese is afhankelijk van de structuur van de gevestigde theorieën e.d. (Hanson, 1965, p.64 ff.). Het hypothesevormend proces heeft daarmee een diskursief en sociaal karakter gekregen: Het 'Denkkollektiv' bepaalt uiteindelijk welk type hypothese binnen de vigerende 'Denkstil' past (Fleck, 1935). Overigens duidt dit laatste erop dat Hanson ontdekkingen beslist niet als een soort perceptuele 'Gestaltswitches' interpreteerde, zoals Nickles (1980(e)) meent (zie ook Hanson, 1958, p.6, 10 en Suppe, 1977, p.161 ff.).

Met deze interpretatie van Hansons werk, waarbij het kontekstenonderscheid danig gerelativeerd wordt (vgl. ook Van Dijke, 1975 en Nauta, 1977) is het niet meer zo eenvoudig zijn bezigheden onder te brengen in het gedifferentieerde kontekstenonderscheid van Laudan (1977), bijvoorbeeld in de fase van de 'pursuit' van hypothesen. Hanson doorbreekt met zijn koppeling van het hypothetisch-deduktieve en retroductieve redeneerschema ieder kontekstenonderscheid, behalve dat van Reichenbach: uiteindelijk twijfelt ook Hanson sterk aan de mogelijkheid de initiële (psychologische) gebeurtenis, de Aha-Erlebnis, wetenschapsfilosofisch zinvol te reflekteren. Een belangrijk verschil met Reichenbach is natuurlijk de anti-induktivistische wetenschapsopvatting die beter aansluit bij recente ontwikkelingen in de wetenschapsfilosofie. De simpele 'induktieve expansie' als heuristisch heeft moeten wijken voor een ingewikkelde combinatie van hypothetisch-deduktief en retroductief argumenteren, waarin ook voor rationale en niet alleen logische of empirische argumenten een grote plaats lijkt te zijn ingeruimd.

4. EEN EMPIRISCHE BENADERING: KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE

Herbert Simon en geestverwanten als Curd, Schaffner, Tweney, Doherty en Mynatt, die een empirische benadering van het ontdekkingsproces voorstaan, sluiten meer aan bij de ideeën van Reichenbach dan bij die van Hanson. We zullen hieronder nog laten zien dat met name Simons heuristische computerprogramma's op een inductivistische leest geschoeid zijn en dat hij ontdekkingen eerder koppelt aan het spaarzaam beschrijven van dataverzamelingen dan aan het interpreteren van anomaleuse verschijnselen via de retroductie.

Simon is als één van de grondleggers van de theorie van de kunstmatige intelligentie de overtuiging toegedaan dat wetenschappelijke ontdekkingen als deelverzameling van menselijke probleemoplossingsprocessen empirisch bestudeerd en ook via de computer gesimuleerd kunnen worden. Hoewel wetenschappelijke problemen zich van problemen die in de theorie van de kunstmatige intelligentie worden bestudeerd, onderscheiden is hier geen sprake van een principieel verschil. Simon erkent dat wetenschappelijke probleemoplossingsprocessen een sociaal karakter hebben en verder gericht zijn op relatief slecht gestructureerde problemen (Simon et al, 1981, p.1). Maar deze verschillen hebben niet betrekking op de basisprocessen die aan beide soorten probleemoplossingen ten grondslag liggen, zo meent Simon. Indien men met hem deze veronderstelling deelt, dan ligt een normatieve ontdekkingslogika in het verschiets. Immers, voor een groot aantal problemen zijn de meest efficiënte oplosmethoden bekend. Aan de hand van deze erkend beste oplosmethoden kan men het menselijk gedrag evalueren. Er zijn dan twee mogelijkheden.

Ten eerste kan men streven naar een taxonomie van problemen en voor elk type probleem trachten een optimale oplosstrategie vast te stellen. Voor deze mogelijkheid kiezen o.a. Tweney, Doherty en Mynatt (1981). Deze onderzoekers simuleren met de computer 'wetenschappelijke' problemen en leggen deze voor aan leden en ervaren onderzoekers. Uit dergelijk onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat verschillende typen problemen elk hun eigen oplosmethode behoeven, en dat geldt niet alleen voor het genereren en voorlopig evalueren, maar ook voor het toetsen van hypothesen. In de rechtvaardigingskontekst is er ook geen eenvoudig falsifikatie-recept à la Popper voor ieder probleem. Uit onderzoek naar bepaalde artificiële probleemsituaties blijkt dat het niet altijd even efficiënt is naar falsifikatie te streven. Zij pleiten dan ook voor een taxonomie van

problemen met elk een eigen heuristiek en toetsingsmethode, dus voor meerdere 'logics of discovery' en 'logics of justification'.

Het is jammer dat zij zich op dit punt niet gerealiseerd hebben dat inmiddels door de hiervoor besproken Hanson al enig voorwerk is verricht. Hanson heeft in één artikel uit 1967 - een dag voor zijn dood op de post gedaan - een overzicht over 'discoverabilia' gegeven en een drietal globale ontdekkingsstrategieën uitgewerkt, die een goed uitgangspunt voor de voorgestane computersimulaties zouden kunnen zijn. Discoverabilia zijn bijvoorbeeld:

1. een lokaliseerbaar objekt ('P ontdekt een X');
2. een universeel proces of type entiteit ('P ontdekt X');
3. zo-en-zo is het geval ('P ontdekt dat X');
4. een konfrontatie zonder identifikatie ('P ontdekt X als Y').

Hanson geeft bij ieder type ontdekking een voorbeeld uit de wetenschapshistorie en geeft verder nog aan dat ontdekkingsstrategieën in drie klassen gegroepeerd kunnen worden, te weten de 'trip over'-, 'back into'- en 'puzzle out'-ontdekking. Bij de 'trip over'-ontdekking is er psychologisch noch theoretisch de verwachting een X te ontdekken. Men struikelt als het ware over X. Denk bijvoorbeeld aan de zwarte zwaan die kapitein Cook in Australië ontdekte, zonder dat hij moedwillig bezig was de standaard theoretische uitspraak 'Alle zwanen zijn wit' te falsifiëren. In tegenstelling tot de 'trip over' is er bij de 'back into' klasse niet van een neutrale maar van een aversieve positie sprake: er is alles aan gelegen de ontdekking van een X te voorkomen, omdat X een anomalie is. Denk bijvoorbeeld aan Michelsons 'ontdekking' dat de ether niet zou bestaan. Bij de 'puzzle out' ontdekking is daarentegen sprake van een sterke psychologische en theoretische verwachting X te zullen ontdekken: de theorie voorspelt het bestaan van X en het zoeken is naar een bewijs van het bestaan ervan. Dit soort ontdekking is kenmerkend voor 'normale' wetenschap en kan waarschijnlijk adequaat gerekonstrueerd worden door middel van de inductieve expansie of het hypothetisch-deductieve redeneerschema. De 'back into' ontdekking daarentegen zal vaak voorafgegaan zijn door retroductieve verklaringspogingen en soms een periode van revolutionaire wetenschapsbeoefening inluiden (Hanson, 1967, p.338). Een empirische benadering van de ontdekkingskontekst vanuit de theorie van de kunstmatige intelligentie zou door dergelijke wetenschapshistorisch gefundeerde taxonomiën veel aan waarde en werkelijkheidsgehalte kunnen winnen. De kloof tussen probleemoplossen in het laboratorium en het genereren van hypothesen in de onderzoekspraktijk

zou via wetenschapshistorische studies als die van Hanson, wellicht overbrugd kunnen worden. De heftige en vaak onterechte kritiek op Hanson dreigt echter een konstruktief gebruik van zijn onderzoeksresultaten in de weg te staan.

5. KOMPUTERGESTUURDE INDUKTIEVE EXPANSIE

Terugkerend naar de tweede mogelijkheid die uit de theorie van de kunstmatige intelligentie voor de bestudering van de ontdekkingskontekst voortvloeit, kan men ook zoeken naar probleemoplosmethoden die zo algemeen zijn dat ze op elk type van problemen van toepassing zijn. Men zoekt in dit geval dus niet naar een taxonomie van problemen, c.q. hypothesen met bijbehorende oplosstrategieën, maar integendeel naar strategieën met een zo breed mogelijk bereik.

Dit is de richting die Simon inslaat. Het betekent wel dat men dan kiest voor vrij 'zwakke methoden', dat wil zeggen zeer algemene inhoudsneutrale heuristische principes.

Simon wijst erop dat de probleemoplosser die op een onbekend terrein komt, noodgedwongen gebruik zal maken van deze 'zwakke' methoden, die geen beroep doen op inhoudelijke kennis. Op hem welbekend terrein zal hij echter 'sterke' (algoritmische) methoden hanteren, die zorgvuldig zijn toegesneden op het desbetreffende probleem. In Kuhniaanse termen genomen betekent dit dat in de periode van normale wetenschap waarschijnlijk de sterke methoden gebruikt worden, terwijl men in de revolutionaire fase 'terugvalt' op de zeer algemene heuristische principes.

Zoals gezegd, sluit Simon meer aan bij de inductivist Reichenbach dan bij de retroductivist Hanson. Zeker in zijn oudere publikaties zag Simon als één van de belangrijkste doelstellingen van de wetenschap het spaarzaam beschrijven van een verzameling gegevens. Het is de taak van de onderzoeker een patroon of regel te ontdekken, dat of aan die of aan die verzameling ten grondslag ligt. Het is Simons verdienste geweest te hebben aangetoond dat een computerprogramma met enkele heuristische principes, zoals 'middel-doel analyses' (het vergelijken van de aktuele toestand met de gewenste toestand en het kiezen van een operatie die het verschil kan reduceren), 'factoriceren' (het opdelen van een probleem in deelproblemen) etc., een reeks van problemen efficiënt kan oplossen. In zijn geruchtmakende 'Does scientific discovery have a logic?' (Simon, 1973(b)) liet hij bijvoorbeeld zien dat deze principes in combinatie met de primitieve noties 'same' en 'next' het patroon in de vol-

gende letterreeks kunnen ontdekken:

ABMCDMEFGHMIJMKLMMNOPMQRMSTMUVMWXMYZMABMC...

Indien men echter als één van de belangrijkste doelstellingen ziet, het op spaarzame wijze beschrijven van dataverzamelingen, raakt men dan niet noodgedwongen in een inductivistische wetenschapsopvatting verzeild? Simon is van mening dat hij deze klip omzeilt, omdat hij niet de stap zet naar generalisatie van zijn bevindingen naar nieuwe dataverzamelingen. Een dergelijke stap wordt pas in de toetsingsfase gezet (Simon, 1973(b), p.331). Elders maakt hij ditzelfde onderscheid tussen het beschrijven van een dataverzameling (law-discovery) en de stelling dat deze beschrijving voor elke dataverzameling opgaat. In dit laatste geval zou er sprake zijn van primitieve Baconiaanse inductie, in het eerste geval niet (Simon, 1968, p.41). Het onderscheid stelt hem in staat zich met een normatieve evaluatie van ontdekkingsprocessen bezig te houden, zonder voortdurend in het inductieprobleem verstrikt te raken.

Toch ligt hier een probleem. Zoals Simon zelf al zegt: "To explain why the patterns we extract from observations frequently lead to correct predictions (when they do) requires us to face again the problem of induction, and perhaps to make some hypothesis about the uniformity of nature" (1973 (b), p.336). Inderdaad kan men meer en minder efficiënte methoden onderscheiden om patronen in dataverzamelingen te ontdekken. Maar waarom zou men deze patronen willen, als er niet de pretentie is dat ze ook in andere gegevens zullen worden teruggevonden? Het ziet er naar uit dat Simon, althans in zijn vroegere publikaties, toch niet aan een zeker inductivisme ontkomt, hoewel hij dit zelf ontkent (Simon, 1973(b), p.329). In een recent artikel heeft Simon echter heel wat water bij de (inductivistische) wijn gedaan. Schreef hij eerst nog dat "The enterprise generally begins with empirical data, rather than with a hypothesis out of the blue", nu heet het dat er zowel 'data driven science' als 'theory driven science' is, en dat beide slechts een gedeeltelijke weergave van het wetenschappelijk bedrijf zijn (1981, p.7). Onder data-gestuurde wetenschap verstaat hij die werkwijze die een verzameling data als uitgangspunt neemt en tracht deze data spaarzaam te beschrijven of te verklaren. Dit mag van Simon nu overigens ineens wel Baconiaanse inductie genoemd worden. Data-gestuurde wetenschap maakt voornamelijk gebruik van zwakke, zeer algemene heuristische methoden. Daarnaast onderscheidt hij 'theorie-gestuurde' wetenschap, waarbij de onderzoeker start met een bepaalde hypothese of theorie, die hij vervolgens aan te

verzamelen data gaat toetsen. Simon is nog steeds de mening toegedaan dat dit type wetenschap, waarvoor hij nu wel een plaatsje inruimt, in de filosofische literatuur veel te veel de nadruk heeft gekregen. Om aan te tonen dat het type van de 'data-gestuurde' wetenschap niet onbelangrijk is, wijst hij op de ontdekking van het periodiek systeem door Mendeleev (zie ook Kedrov, 1957) en op Balmers ontdekking van de formule voor het waterstofspectrum. Het betreft hier volgens hem kristalheldere voorbeelden van Baconiaanse inductie. Het waren zuiver descriptieve generalisaties vanuit de data, zonder een enkel theoretisch motief.⁴ Simon haast zich overigens te beargumenteren dat ook het onderscheid tussen beschrijving en verklaring niet kwalitatief, maar gradueel is (1981, p.8 e.v.).

6. KRITIEK EN TEGENARGUMENTATIE

Herbert Simon en zijn medewerkers houden zich nu al enige decennia bezig met het konstrueren van komputerprogramma's, die problemen van variërende complexiteit kunnen oplossen (zie met name Newell & Simon, 1972). Hierbij laten zij deze programma's altijd werken volgens heuristische principes, niet alleen omdat zo het menselijk denken beter gesimuleerd wordt, maar ook omdat veel problemen in principe of praktisch niet met 'brute algoritmische kracht' oplosbaar zijn. Zoals we hebben gezien, hebben de heuristische principes nog het extra voordeel dat ze betrekkelijk inhoudsneutraal zijn en dus algemeen toepasbaar. De prestaties, die geleverd worden door programma's op deze wijze gekonstrueerd, lijken indrukwekkend. In een recent artikel beschrijft Simon bijvoorbeeld het programma BACON (Simon, Laugley, Bradshaw, 1981) dat onder andere in staat bleek de wet van Ohm, de wet van Archimedes en diverse scheikundige wetten te herontdekken. Tevens maakt hij melding van het programma AM dat in staat bleek vele zaken op het gebied van de getal-theorie te herontdekken.

Het is hier niet de plaats om deze en andere programma's uitvoerig te beschrijven en te analyseren. Wel willen wij hier vluchtig enige bezwaren aanstippen, die steeds weer aangevoerd worden, wanneer een komputerprogramma een taak uitvoert die ogenschijnlijk enige intelligentie vergt. Daar waar Simon zich met zo'n bezwaar heeft beziggehouden, zullen we zijn opvatting weergeven. We signaleren de volgende kritiek. De door Simon en andere onderzoekers op het gebied van de kunstmatige intelligentie geschreven programma's simuleren

niet werkelijk het proces van de wetenschappelijke ontdekking, omdat:

- a. een welomschreven verzameling data vóórondersteld is;
- b. de verzameling mogelijke antwoorden vooraf ingevoerd is;
- c. zij slechts in staat zijn tot het vinden van deskriptieve generalisaties;
- d. zij slechts van toepassing zijn op goed gestructureerde problemen;
- e. zij gebruik maken van primitieve noties, die in zichzelf verklaring behoeven.

Met dit lijstje zijn enige van de belangrijkste bezwaren gegeven. Er zijn er nog wel meer, bijvoorbeeld de tegenwerping dat creativiteit nooit aan regels (lees: heuristische principes) gebonden kan zijn, maar deze zullen we hier niet behandelen.

ad a. Dit is een klassiek bezwaar, dat vaak gehanteerd wordt in verband met het inductieprobleem. Onder anderen Hempel, Nagel en Popper hebben welsprekend betoogd dat men data altijd verzamelt vanuit een bepaald gezichtspunt, met een bepaalde hypothese in het achterhoofd.⁵ Misschien zou men hier een onderscheid kunnen maken tussen konfrontatie met bepaalde gegevens en het relevant achten van (een deelverzameling van) deze gegevens. Bij de huidige informatie-explosie is het gekonfronteerd worden met gegevens binnen een bepaald kennisdomein zeker mede afhankelijk van toevalsfactoren. Het relevant achten van gegevens ten aanzien van een bepaalde probleemstelling geschiedt misschien door het constateren van verschillen en overeenkomsten tussen verschillende dataverzamelingen en op grond van analogieredeneringen en modellen.

Hierover wordt iets meer onder punt e. gezegd. Overigens kan men de malaise in de sociale wetenschappen (het bestaan van talloze mini-theorieën, etc.) misschien ten dele verklaren uit juist dit min of meer lukraak selekteren van gegevens en variabelen (zie de Inleiding). Simon zelf heeft zich, bij ons weten, niet uitvoerig over deze problematiek uitgelaten. Het bezwaar blijft dus recht overeind staan. Gelijk bij Popper de hypothesen (als een mogelijk bout antwoord op problemen), komen bij Simon de data uit de lucht vallen.

ad b. Dit bezwaar wordt onder anderen genoemd door Maull (1980) en Simon zelf (1973(b)). Maull geeft in een reactie op een artikel van Schaffner (1980(a)) over een programma dat medische diagnoses stelt, de volgende argumenten. Indien, zo stelt ze, in het programma alle bekende ziekte-

beelden zijn ingevoerd, dan betekent het stellen van een diagnose uiteindelijk slechts het maken van een klassificatie. Dit heeft weinig met een creatief wetenschappelijk proces te maken. Een nieuwe ziekte wordt niet ontdekt en zodoende lijkt het kennisproces gereduceerd tot een soort Platonische anamnese. Andere programma's, bijvoorbeeld AM (Simon et al, 1981) lijken echter niet ontvankelijk voor deze kritiek. Simon (1973(b)) meent dat het bezwaar berust op het onderscheid tussen goed gestructureerde problemen, die geanalyseerd zouden kunnen worden en weinig gestructureerde problemen, die het exclusieve domein van de creativiteit zouden zijn (p.334). Simon acht dit een gradueel onderscheid (zie verder onder punt d.).

ad c. Programma's zouden slechts in staat zijn tot het vinden van deskriptieve generalisaties. We hebben reeds gezien dat Simon dit bezwaar niet erkent omdat hij het onderscheid tussen deskriptie en verklaring slechts gradueel acht (Simon et al, 1981, p.8).⁶ Afgezien van het feit, dat Simon dit onderscheid van relatieve waarde acht, stelt hij bovendien dat programma's niet beperkt zijn tot het vinden van beschrijvende generalisaties. Het programma BACON introduceert regelmatig theoretische termen en poeneert bij herhaling 'intrinsic properties' (Simon et al, 1981, p.20).

ad d. Bij een goed gestructureerd probleem is er één goede oplossing. De taak van de probleemoplosser is deze te vinden. Een voorbeeld is het vinden van de reeks zetten die tot mat leidt in een schaakprobleem. Bij een weinig gestructureerd probleem is er geenszins sprake van één goede oplossing. In principe voldoet een hele verzameling van oplossingen. Een voorbeeld is een opgave als: 'bedenk tien manieren om een luciferdoosje te gebruiken'. Dit tweede type problemen wordt kenmerkend geacht voor creativiteit en het bezwaar luidt dat programma's dit type probleem niet kunnen oplossen. Ook dit bezwaar wordt door Simon niet erkend. Naar zijn mening is er hier wederom slechts sprake van een gradueel verschil (Simon, 1973(a)). Hij beargumenteert dit met het voorbeeld van een architect die een huis mag ontwerpen. Op het eerste gezicht lijkt het dat hier de mogelijkheden legio zijn en dat de architect aan weinig restricties gebonden is. Al snel echter blijkt dat zo'n probleem goed gestructureerd wordt, met name door materiaal-eigenschappen en door het feit dat het hier een serieel proces betreft. Is eenmaal voor een bepaald fundament gekozen, dan zal de architect met de kwaliteit hiervan bij de verdere constructie terdege

rekening houden. Op deze wijze wordt een zwak gestructureerd probleem op grond van kennis en bepaalde op elkaar volgende keuzen tot een goed gestructureerd probleem. Een principieel onderscheid ziet Simon hier niet. Overigens is het beschouwen van het wetenschappelijk ontdekkingsproces als een probleemoplosproces, waarbij de oplossing aan diverse restricties moet voldoen, op dit moment erg gangbaar. (Zie o.a. Nickles, 1981).

ad e. In veel van de door Simon en zijn medewerkers geschreven programma's wordt gebruik gemaakt van de primitieve noties 'hetzelfde' en 'volgende'. Het probleem is echter dat deze schijnbaar eenvoudige noties buitengewoon complex blijken te zijn. Zo is er bijvoorbeeld naar het konstateren van verschillen en overeenkomsten tussen stimuli buitengewoon veel onderzoek gedaan, dat nog steeds niet tot een eënduidig beeld heeft geleid. (Zie bij. Millspaugh, 1978; Nickerson, 1972; Rosch & Mervis, 1975; Rosch et al, 1976; Ross & Lloyd, 1978; Silverman & Goldberg, 1975; de Swart, 1981). Tweney et al (1981, p. 282) wijzen eveneens op het enorme belang van deze basale operaties: "The question of scientific creativity actually begins with a basic psychological question, and its obverse: What psychological mechanisms render two entities *similar* in the mind of the beholder? What mechanisms render two entities *different*". Zelfs 'hetzelfde' en 'volgende' observaties zijn theorie-geladen en niet zo primitief als Simon ons wil doen geloven.

Het grappige is, dat in de literatuur met betrekking tot begripsvorming, waar men zich met deze problemen bezig houdt, wederom met volle kracht op het inductieprobleem stuit (zie Van der Veer, 1983). Enerzijds is er een groep onderzoekers, die meent dat mensen zich een begrip ergens van vormen door vergelijking van perceptieve kenmerken van objecten, anderzijds zijn er psychologen en filosofen die er op wijzen dat men stimuli alleen maar kan vergelijken vanuit een bepaald gezichtspunt. Het is hier niet de plaats om deze literatuur te bespreken. Wel wijzen wij er op, dat indien men een begrip als 'hetzelfde' als primitieve notie blijft beschouwen, wij nog ver van een werkelijke verklaring van het wetenschappelijk ontdekkingsproces verwijderd zijn.

7. BESLUIT

Het is voor filosofen en onderzoekers altijd een opwindende gedachte geweest, dat er zoiets als een ontdekkingsmachine uitgevonden zou kunnen worden.

Hieronder verstond men dan een apparaat, procedure dat, respektievelijk die op algorithmische wijze een reeks ingevoerde gegevens met een conceptueel 'diepe' theorie zou verklaren. De hoop op het uitvinden van een dergelijk tijdsbesparend mechaniek is inmiddels echter door alle terzake deskundigen opgegeven.

Wat blijft er dan nog over van een 'logic of discovery'? Een logika van de ontdekking in strikte zin is onmogelijk. Het predikaat 'logisch' zou in dat geval uitsluitend en alleen betrekking hebben op formeel-logische, inhoudsneutrale redeneerfiguren en dergelijke redeneerfiguren doen geen recht aan het ontdekken als probleemoplossingsproces, waarvan de uitslag mede afhankelijk is van de vraag of de logisch mogelijke oplossingen ook inhoudelijk in het algemeen aanvaarde kennisbestand ('Denkstil') passen. Afgezien nog van het feit dat inductieve expansie (Reichenbach, maar ook Simon) en retroductie geen logisch sluitende redeneerfiguren zijn, is in het voorafgaande duidelijk gemaakt dat deze procedures het aantal alternatieven weliswaar inperken, maar niet tot een definitieve keuze voor een bepaalde hypothese als de meest vruchtbare kunnen leiden. De uiteindelijke vaststelling van de vruchtbaarheid van de hypothese vindt plaats in een diskursief proces, waarin allerlei rationale overwegingen en 'goede' argumenten een rol spelen. Overigens lijkt dit langzamerhand niet alleen kenmerkend te zijn voor de ontdekkingskontekst, maar eveneens voor de rechtvaardigingskontekst, waarin de uiteindelijke beslissing tot verwerping of aanvaarding van een theorie ook niet meer een louter logische aangelegenheid kan zijn. De grenzen tussen de ontdekkings- en rechtvaardigingskontekst vervagen door de rationalisatie van het ontdekkingsproces enerzijds en de demystifikatie van de rechtvaardigingsprocedure anderzijds.

Een 'logika' van de ontdekking, waarbij 'logika' in de zin van rationaliteit wordt opgevat, is heel wel mogelijk, mits ook het begrip 'ontdekking' in de ruime zin van het woord geïnterpreteerd wordt. Over het 'moment suprême' van de in het vuur starende Kekulé die plotsklaps een grote ontdekking doet, wil geen enkele wetenschapsfilosoof een uitspraak doen. De psyche van de onderzoeker is en blijft voer voor psychologen. Wel is de vraag van be-

lang, waarom een hypothese die uit allerlei mogelijke associaties en suggesties naar boven komt drijven, de moeite van verdere toetsing waard geacht wordt. Over het afweingsproces dat daarbij een rol speelt wordt gerapporteerd in verslagen van vooronderzoek e.d. en deze rapportages kunnen wetenschapsfilosofisch gezien rationeel gerekonstrueerd worden. Binnen de ontdekkingskontekst moeten we onderscheiden tussen het psychisch en sociaal wordingsproces van een ontdekking en de preliminaire evaluatie ervan. Dit laatste lijkt in aanzet redelijk goed gerekonstrueerd te kunnen worden via de 'inductie expansie' die in perioden van normale wetenschap tot 'trip over' en 'puzzle out' ontdekkingen kan leiden, terwijl de retroductie een adequate weergave lijkt te zijn van 'back into' ontdekkingen, die zich voordoen als een algemeen aanvaarde theorie met onverwachte anomalieën wordt gekonfronteerd.

Het is de vraag of de sociale wetenschappen op dit moment al gebaat zijn bij heuristische komputerprogramma's, zoals deze door Simon en zijn kollega's worden ontwikkeld. Juist in deze wetenschappen komen de relevante databestanden niet uit de lucht vallen en zal vooral veel aandacht aan adequate begripsvorming besteed moeten worden. Zelfs schijnbaar primitieve noties als 'hetzelfde' en 'volgende', die nu tot de onbediskussieerde vooronderstellingen van BACON en AM behoren, zullen in dat geval geproblematiseerd moeten worden. Men mag aannemen dat de inhoud ervan mede afhankelijk is van het begripsmatige klassifikatieschema waarmee een objektgebied in aanzet beschreven en onderzoekbaar gemaakt wordt. Voor de bestudering van de ontdekkingskontekst is dan van belang na te gaan hoe dit proces van begripsmatige voorstrukturering van een onderzoeksterrein verloopt.

Gutting, D., "The Logic of Invention", in: M. Hacking (ed.), 1965(a), pp. 221-234.

Kancon, H.S., Patterns of Discovery, Cambridge, 1953.

S U M M A R Y

There is a growing interest in the process of scientific discovery. Until recently this process was excluded from the philosophy of science, mainly because the discovery process was thought not to be amenable to logical reconstruction. Popper was, as is well-known, the most vigorous proponent of a strict distinction between the so-called "context of discovery" and the "context of justification". The authors show, on the basis of a discussion of recent literature, that this distinction must be considerably liberated and that a *rational* reconstruction of the discovery process might be possible. In this respect the work of Reichenbach en Hanson is particularly important. It is shown that it is probably a mistake to consider the inductivist Reichenbach as an opponent of the philosophical study of the discovery process, as did Popper. Another major figure for the study of the process of discovery is Hanson. He gave a quite sophisticated reconstruction of the research process by introducing the notion of "retroduction". Research is to him a complex combination of hypothetical-deductive and retroductive reasoning. The authors think that Hanson's non-inductive reconstruction of the scientific research process is to be preferred above that of Reichenbach.

Having discussed the distinction between the context of discovery and the context of justification on the basis of the philosophical literature, we are in a better position to judge some of the empirical research in this area, in particular the work of Nobel-prizewinner Herbert Simon and his co-workers. The authors show that his work can, in a way, be considered as an extension of Reichenbach's approach. Simon's work has a typical inductive flavour. As all inductivists he has to face the serious problem of the gathering of the data. As Popper eloquently demonstrated the data do not "fall out of the air", but have to be selected from a particular point of view. The authors conclude, after a lengthy discussion, that Simon's efforts must be considered premature, especially for the social sciences.

L I T E R A T U U R

- Achinstein, P., *Law and Explanation*. Oxford, 1971.
- Achinstein, P., Discovery and Rule-books, in: Th. Nickles (ed.), 1980(a), pp. 117-137.
- Brannigan, A., *The social basis of scientific discoveries*. Cambridge, 1981.
- Burian, R.M., "Why philosophers should not despair of understanding scientific discovery", in: Th. Nickles, 1980(a), pp. 317-336.
- Curd, M.V., The logic of discovery: an analysis of three approaches, in: Th. Nickles (ed.), 1980(a), pp. 201-219.
- Dijke, H. van, Over het 'discovery-justification' onderscheid, *ANTW* 67 (1975), pp. 245-266.
- Feyerabend, P., *In strijd met de methode. Aanzet tot een anarchistische kennistheorie*. Meppel, 1977.
- Fleck, L., *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache: Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*. Basel, 1935.
- Glaser, B.G., Strauss, A.L., *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*, New York, 1967.
- Grmek, M.D., Cohen, R.S., Cimino, G., (eds.), *On scientific discovery*, Dordrecht, 1981.
- Grmek, M.D., "A plea for freeing the history of scientific discoveries from myth", in: M.D. Grmek, R.S. Cohen, G. Cimino (eds.), 1981, pp. 9-42.
- Gutting, G., "The logic of invention", in: Th. Nickles (ed.), 1980(a), pp. 221-234.
- Hanson, N.R., *Patterns of Discovery*. Cambridge, 1958.

- Hanson, N.R., "Is there a logic of scientific discovery?", in: H. Feigl and G. Maxwell, *Current Issues in the Philosophy of Science*, New York, 1961, pp. 20-35.
- Hanson, N.R., Retroductive Inference, in: B. Baumrin, W.L. Reese (eds.), *Philosophy of Science. The Delaware Seminar*, vol. 1., New York, 1963, pp. 21-37.
- Hanson, N.R., "Notes towards a logic of discovery", in: R.J. Bernstein (ed.), *Perspectives on Peirce*. New Haven, 1965, pp. 42-65.
- Hanson, N.R., "An Anatomy of Discovery", *The Journal of Philosophy*, vol. LXIV, no. 11, 1967, pp. 321-352.
- Hattiangadi, J.N., "The structure of problems", Part I, *Philosophy of Social Science*, 8, 1978, pp. 345-365.
- Hattiangadi, J.N., "The structure of problems", Part II, *Philosophy of Social Science*, 9, 1979, pp. 49-76.
- Hattiangadi, J.N., "The vanishing context of discovery: Newton's discovery of gravity", in: Th. Nickles (ed.), 1980(a), pp. 257-265.
- Hintikka, J., "On the logic of an interrogative model of scientific inquiry", *Synthese*, 47, 1981, pp. 69-83.
- IJzendoorn, M.H., Van der Veer, R., Goossens, F.A., *Kritische psychologie. Drie Stromingen*. Baarn, 1981.
- IJzendoorn, M.H., Theorie en empirie in de pedagogiek, in: B. Spiecker, B. Levering, A.J. Beekman (red.), *Theoretische pedagogiek*, Meppel, 1982, pp. 25-40.
- Kedrov, B., "On the question of the psychology of scientific creativity", *Voprosy psichologii*, 3, 6, 1957, pp. 91-113.

- Kleiner, S.A., "Problem solving and discovery in the growth of Darwin's theories of evaluation", *Synthese*, 47, 1981, pp. 119-162.
- Koertge, N., "Analysis as a methode of discovery during the scientific revolution", in: Th. Nickles (ed.), 1980(a), pp. 139-157.
- Kuhn, T.S., *De structuur van wetenschappelijke revoluties*, Meppel, 1972.
- Laudan, L., *Progress and its problems. Towards a theory of scientific growth*, Berkeley, 1977.
- Lebedev, S.A., The role of induction in the functioning of contemporary science, *Soviet Studies in Philosophy*, 19, 4, 1981, pp. 70-89.
- Lugg, A., Overdetermined problems in science, *Stud. Hist. Phil. Science*, 9, 1978, pp. 1-18.
- Lugg, A., Laudan and the problem-solving approach to scientific progress and rationality, *Phil. Soc. Science*, 9, 1979, pp. 466-474.
- Mauil, N.L., Comment on Schaffner, in: Th. Nickles (ed.), 1980(b), pp. 207-210.
- Miedema, S., Van der Zande, I., Empirie en ervaring. Notities in de marge van een discussie, in: *Tijdschrift voor Vrouwenstudies*, 1982(3), 3, pp. 398-408.
- Millspaugh, J.R., Effects of array organization on same-different judgments, *Perception & Psychophysics*, 23, 1978, pp. 27-35.
- Monk, R., Productive reasoning and the structure of scientific research, in: Th. Nickles (ed.), 1980(a), pp. 337-354.
- Nauta, L.W., *Context of discovery & Context of justification*, F.I. Groningen, 1975.

- Nauta, L.W., Context of discovery en context of justification. Notities in de marge van een onderscheid. *Kennis en Methode*, 1977, 1, pp. 5-20.
- Newell, A., and Simon, H.A., *Human problemsolving*. Englewood Cliffs, N.J., 1972.
- Nickerson, R.S., Binary - classification reaction time: A review of some studies of human information - processing capabilities, *Psychological Monograph Supplements*, 4, 1972, pp. 275-318.
- Nickles, Th., (ed.), *Scientific discovery, logic and rationality*, Dordrecht, 1980(a).
- Nickles, Th., Can scientific constraints be violated rationally? 1980(c), in: Th. Nickles (ed.), 1980(a), pp. 285-315.
- Nickles, Th., Introduction: Rationality and Social Context, 1980(d), in: Th. Nickles (ed.), 1980(b), pp. XIII-XXIV.
- Nickles, Th., Introductory essay: scientific discovery and the future of philosophy of science, 1980(e), in: Th. Nickles (ed.), 1980(a), pp. 1-59.
- Nickles, Th., What is a problem that we may solve it?, *Synthese*, 47, 1981, pp. 85-118.
- Pera, M., Inductive method and scientific discovery, in: M.D. Grmek, R.S. Cohen, G. Cimono (eds.), 1981, pp. 141-166.
- Podol'skij, A.J., *Formirovanie simul'tannogo opoznanija*, Moskva, 1978.
- Popper, K.R., *The logic of scientific discovery*. London, 1959.
- Reichenbach, H., *Experience and Prediction*, Chicago, 1938.

- Reichenbach, H., *The rise of scientific philosophy*, Berkeley and Los Angeles, 1954.
- Rosch, E. & Mervis, C.B., Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 1975, pp. 573-605.
- Rosch, E., Mervis, C.B., Gray, W.D., Johnson, D.M., Boyes-Braem, P., Basic objects in natural categories, *Cognitive Psychology*, 8, 1976, pp. 382-439.
- Rosch, E. & Lloyd, B.B. (eds.), *Cognition and Categorization*, Hillsdale, 1978.
- Ruse, M., Ought philosophers consider scientific discovery?, A. Wardinian case-study, in: Th. Nickles (ed.), 1980(b), pp. 131-150.
- Salmon, W.C., The Philosophy of Hans Reichenbach, *Synthese*, 1977, 34, pp. 5-88.
- Schaffner, K.F., Discovery in the biomedical sciences: logic or irrational intuition?, 1980(a), in: Th. Nickles (ed.), 1980(b), pp. 171-206.
- Schaffner, K.F., Reply to Maull, 1980(b), in: Th. Nickles (ed.), 1980(b), pp. 211-212.
- Sechter, M.S., *Zritel'noe opoznanie. Zakonomernosti i mekhanizmy*, Moskva, 1981.
- Shapere, D., Discovery, rationality, and progress in science: a perspective in the philosophy of science, in: K.F. Schaffner & R.S. Cohen (eds.), *P.S.A.*, 1972, Dordrecht, 1974, pp. 407-419.
- Shapere, D., The character of scientific change, in: Th. Nickles (ed.), 1980(a), pp. 61-116.
- Silverman, W.P. & Goldberg, S.L., Further confirmation of same versus different processing differences, *Perception & Psychophysics*, 17, 1975, pp. 189-193.

- Simon, H.A., Prediction and hindsight as confirmatory evidence, (1955), in: H.A. Simon, 1977.
- Simon, H.A., Human acquisition of concepts for sequential patterns, (1963) in: H.A. Simon, 1979.
- Simon, H.A., Thinking by computers, (1966) in: H.A. Simon, 1977.
- Simon, H.A., Scientific discovery and the psychology of problem solving, (1966) in: H.A. Simon, 1977.
- Simon, H.A., On judging the plausibility of theories, (1968) in: H.A. Simon, 1977.
- Simon, H.A., The structure of ill-structured problems, (1973)(a) in: H.A. Simon, 1977.
- Simon, H.A., Does scientific discovery have a logic?, (1973)(b) in: H.A. Simon, 1977.
- Simon, H.A., Problem solving and rule induction, (1974) in: H.A. Simon, 1979.
- Simon, H.A., Discussion: The meno paradox, (1976) in: H.A. Simon, 1977.
- Simon, H.A., *Models of discovery and other topics in the methods of science*, Dordrecht, 1977.
- Simon, H.A., *Models of thought*. New Haven/London, 1979.
- Simon, H.A., Langley, P.W., Bradshaw, G.L., Scientific discovery as problem solving, *Synthese*, 47, 1981, pp. 1-27.
- Suppe, F., (ed.), *The structure of scientific theories*, Urbana/Chicago/London, 1977².
- Swart, J.H. de, Natuurlijke categorieën, *Ned. Tijdschrift voor de Psychologie*, 1981, 36, pp. 409-427.

Tweney, R.D., Doherty, M.E., Mynatt, C.R., *On Scientific thinking*. New York, 1981.

Veer, R. van der, Davydov over begripsvorming. Enige theoretische achtergronden. (Verschijnt in *Pedagogische Studiën*, 1983.)

• Wartofsky, M.W., Scientific judgment: creativity and discovery in scientific thought, in: Th. Nickles (ed.), 1980(b), pp. 1-20.

Withaar, H., De context of persuasion. Een voorstel tot ruilverkaveling, *Kennis en Methode*, 1977, 1, pp. 41-50.

NOTEN

1. Voor alle duidelijkheid willen we hier opmerken dat in dit artikel de termen 'context of justification' en 'context of discovery' in Popperiaanse zin gebruikt worden. De 'c of d' wordt daarbij als eerste fase en de 'c of j' als tweede fase gezien. Beide fasen moeten worden opgevat als strikt gescheiden. De reden om de termen juist zo te gebruiken is het alom ingeburgerd zijn van deze konnotaties.
2. Voor een 'andere' Reichenbach interpretatie, die ons inziens minder consistent is met zijn inductivistische en probabilistische opvattingen, kunnen dan ook best wel argumenten gegeven worden. (Vgl. Nauta, 1977, p.10.) De *deskriptieve*, c.q. rationeel rekonstruktieve taak van de epistemoloog wordt door Reichenbach (1938, p.3 f.) namelijk omschreven als het (re-)konstrueren van denkprocessen zodanig, dat indien een gerechtvaardigd geachte serie operaties ingevoerd zou worden tussen het begin van het wetenschappelijk onderzoek en het verdere verloop, er sprake zou zijn van een logisch consistent systeem. Logisch dan wel in de zin van 'narrow steps and prescribed courses of logical reasoning' (p.5). Het logisch substitueert dat de epistemologie oplevert, zou het onderzoek doen verlopen zoals het behoort, namelijk gemeten aan de eisen van betrouwbaarheid en validiteit. De (re-)konstructie is dan ook niet alleen deskriptief, dat wil zeggen logisch rekonstruktief, maar ook nog normatief van aard ten aanzien van de praktijk van het wetenschappelijk onderzoek. De epistemoloog dekreteteert hoe er wetenschappelijk gewerkt zou moeten worden. De ogenschijnlijke onmacht van de epistemoloog om logisch adekwaat veel te kunnen zeggen over de feitelijke wetenschappelijke praktijk, slaat om in het tegendeel. Hij gaat op de stoel zitten van de verslag uitbrengende wetenschapper. (Vgl. Nauta, 1975, p.17). Deze deskriptieve taak is moeilijk te rijmen met de verder door Reichenbach onderscheiden kritische en vooral ook de adviserende taak van de epistemoloog. Daar worden juist aanbevelingen voor beslissingen gedaan en goede redenen gegeven voor een bepaalde beslissing en de mogelijke implicaties van een beslissing. Het zijn bij uitstek deze taken die uitstekend passen in de eerder geschetste, meer inductivistische en probabilistische interpretatie van Reichenbach.

3. Gutting (1980, p.225) ziet op dit punt ten onrechte een tegenspraak, omdat hij de logische en epistemologische aspecten onvoldoende onderscheidt.
4. Grmek (1981, p.29, 30) haalt Mendels ontdekking aan om de Baconiaanse inductie te ontmythologiseren. Aan diens ontdekking wordt namelijk soms gerefereerd als een typisch voorbeeld van baconiaanse inductie. Echter, "thoroughgoing analyses of Mendel's work carry the conviction that the logical unfolding of his demonstration should not be confused with the actual progress of his discovery" (p.29). Zo heeft de bioloog-statisticus R.A. Fisher, volgens Grmek, op grond van de te nauwkeurige resultaten die Mendel verkreeg, gekonkludeerd dat Mendel bezig was een hypothese te toetsen, en deze dus niet inductief afgeleid heeft uit waargenomen feiten. Grmek vermeldt dat Van der Waerden en Weiling Fishers konklusie hebben afgezwakt en stellen dat bij Mendels ontdekking theoretiseren en experimenteren hand in hand zijn gegaan.
5. M. Pera (1981) heeft in tegenstelling hiermee duidelijk willen maken dat hypothesen inductief afgeleid worden uit data. Zijn argumentatie is overigens niet geheel overtuigend. Als alternatief voor het hypothetisch-deductieve paradigma wordt de wetenschappelijke procedure als volgt schematisch door hem weergegeven:

$$O_i \longrightarrow H_p \iff O_c \longrightarrow H_c$$

Het onderzoek "starts off with initial observations (or facts), from these it proceeds to *induce* the probability of the hypothesis" (p.144). De plausibiliteit wordt echter niet, zoals bij Peirce, Hanson en Achinstein, aan de hypothese toegekend nadat deze uitgevonden is, maar plausibiliteitsoverwegingen "are the very reasons *in the light of which* a hypothesis is conceived and advanced (...) [A] hypothesis is ... the plausible conclusion of an inference and hence the result of an induction" (p.157). Interessant is wel dat Pera - wellicht onbedoeld - Reichenbach consistent geïnterpreteerd heeft. Door een inductivistische wetenschapsopvatting verdwijnt het kontekstenonderscheid. Onderzoek is naast een inductief ook een kontinu proces.

6. We wijzen er op dat Simon steeds dezelfde strategie volgt: degene die een kwalitatief ander mechanisme poneert, heeft de bewijslast. Vaag gepraat over 'kreativiteit' is dan niet toereikend.