NATUUR MILIEU TECHNIEK

achtergronden

Katern 2

De natuur van de natuurwetenschap en natuuronderwijs in de basisschool



ting voor de
planontwikkeling

COLOFON

© Stichting voor de Leerplanontwikkeling, Enschede, maart 1985

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van de Stichting.

ISBN 90 329 0395 0

Eindredactie:	Coördinatiegroep Primair Onderwijs en Opleidingen
Produktie:	Gon Radstake
Vormgeving:	Afdeling vormgeving SLO
Zetwerk:	Grafisch bedrijf Ponsen en Looijen, Wageningen
Druk:	Huisdrukkerij SLO

Toelichting

Dit visiestuk gaat vooral over de *inhoud* van natuuronderwijs in de basisschool.
Het is een letterlijk en figuurlijk nogal wat 'zwaar' stuk geworden, een theoretische onderbouwing van een groot aantal jaren werk in leerplanontwikkeling voor natuuronderwijs in de basisschool.
Als je zo'n stuk aan het schrijven bent bekruipt je meermalen het bange gevoel dat je iets zit te schrijven dat voor jou belangrijk is (zoals het systematisch opschrijven van gedachten voor iedereen belangrijk is), maar dat er verder niemand op zit te wachten. Dat geldt zeker als het stuk dat je maakt steeds maar omvangrijker wordt.
Moet je dan niet de helft doorstrepen?
Toch is besloten dit stuk in zijn hele omvang ter beschikking te stellen. Het heeft zeker nut om een visie eens helemaal uit te schrijven. Reduceren, in de vorm van artikelen voor De Grabbelton en dergelijke kan dan juist eenvoudiger gebeuren.
Dit visiestuk kan van belang zijn voor de projectgroep, de begeleidingsgroep van het project NOB, SLO-collega's, P.A.-docenten, schoolbegeleiders en zéér geïnteresseerde onderwijsgevenden in kleuter- en lagere scholen. Veel aspecten ervan zijn in de loop der jaren al aan de orde geweest in het project.
De vormgeving van het stuk -in drie katernen- kan de toegankelijkheid vergroten. Deze wordt nog verder vergroot door een *gedetailleerde inhoudsopgave* -per- katern.
Aantekeningen (bedoeld als verantwoording en als aanknopingspunten voor verdere studie) zijn aan elk katern toegevoegd.

Kees Both
Enschede, december 1984

Voorwoord

Het project Natuuronderwijs voor de Basisschool heeft tot belangrijkste taak praktische bruikbare voorstellen te doen aan leerkrachten, die dagelijks het onderwijsaanbod moeten verzorgen, ook voor natuuronderwijs.
Zulke leerplanvoorstellen komen niet uit de lucht vallen. In de eerste plaats maakt het project dankbaar gebruik van de opvattingen en ervaringen van de leerkrachten uit de eigen projectscholen. Praktijkgetrouwheid is nog steeds een belangrijke richtlijn voor SLO-projecten!
Maar er is ook een tweede lijn. Die van studie, literatuurverwerking, bezinning en discussie. De vraag naar de inhoud en de omvang van natuuronderwijs kan niet uitsluitend of in de eerste plaats worden beantwoord door uitvoerende leerkrachten. Fundamentele keuzes dienen ook te worden gevoed door bezinning op de betekenis van de natuurwetenschappen voor onze samenleving en onze cultuur. Daarover gaat deze publikatie.
In drie afzonderlijke katernen, die wel één geheel vormen, heeft Kees Both zeer vele gegevens bijeengebracht over:

- de grondslagen voor een natuuronderwijsaanbod op de Basisschool;
- de opvattingen over de natuur in de natuurwetenschappen, en de kritieken die daarop mogelijk zijn;
- de plaats van de natuur in ons bestaan en de manier waarop mensen de natuur ordenen en betekenis geven.

Daarmee heeft hij een fundament gelegd onder de vele praktische ideeën die het project Natuuronderwijs voor de Basisschool, onder andere via het tijdschrift 'De Grabbelton' en nog komende publikaties, het onderwijsveld wil aanbieden.
Voor de praktiserende leerkracht zullen die publikaties voldoende zijn. Maar schoolteams, begeleiders en opleiders, die op zoek willen gaan naar de fundamenten van natuuronderwijs zullen aan 'Natuur, Milieu, Techniek', een boeiende bron hebben.
Op deze plaats past ook een woord van dank aan allen die aan deze publikatie hebben bijgedragen.

Dat is op de eerste plaats natuurlijk Kees Both zelf. Als medewerker van het project Natuuronderwijs voor de Basisschool is hij al in 1983 begonnen aan deze omvangrijke taak. Dat hij, na zijn vertrek uit de SLO, in eigen tijd het werkstuk heeft willen voltooien, verdient de grootste waardering. De daaruit voortgekomen vertraging is dan ook meer dan begrijpelijk.
Verder hebben leden van de sectie Natuurwetenschappen van de SLO en de Begeleidingsgroep van het project vele constructieve commentaren geleverd. Bijzondere vermelding verdienen Dr. K. van Berkel en Drs. P. Lijnse, beiden van de Rijksuniversiteit van Utrecht, voor hun waardevolle bijdragen.

Ruud Gorter
Coördinator Primair Onderwijs en Opleidingen

Inhoudsopgave

Katern 1: De natuur van natuuronderwijs, een visie in ontwikkeling.
Katern 2: De natuur van de natuurwetenschap en natuuronderwijs in de basisschool.
Katern 3: Wat is 'natuur'?

blz.

1. Inleiding, opbouw van dit hoofdstuk 11

2. 'The nature of science' en natuurwetenschappelijke geletterdheid 13
2.1 'The nature of science' 13
2.2 De vraag om natuurwetenschappelijke geletterdheid 14

3. Natuurwetenschappelijk bezig-zijn 19

4. Processen, begrippen en attitudes 29
4.1 Processen: 'science is what scientists do' 30
4.2 Natuurwetenschappelijke sleutelbegrippen ... 34
4.3 Natuurwetenschappelijke houdingen 44
4.4 Natuurwetenschappelijke geletterdheid? 47

5. Natuurwetenschap en techniek in discussie 51
5.1 Inleiding: een positivistisch wereldbeeld 51
5.2 Relativering door ontwikkelingen in de wetenschappen zelf 52
5.3 Hoe verloopt wetenschappelijk onderzoek werkelijk? 54
5.4 Lichamelijkheid en wetenschappelijk kennen en kunnen 55
5.5 De waarde van natuurwetenschap en technologie 57
Politiek-maatschappelijke kritiek op de technologie (59)
Cultuurkritische benadering van 'science' en technologie (60)
Westerse beschaving, natuurwetenschap en onderwijs: de kritiek van E.F. Schumacher (64)

Evaluatie van de kritiek (68)
Werkt technisch-wetenschappelijke taal vervreemdend? (68)
Gaat de verbeelding kapot? (69)
Vernietigen meten en analyse de directe ervaring (73)
Werkt het gebruik van apparatuur vervreemdend? (73)
Natuurwetenschap en het unieke (73)
De kritiek van Schumacher (75)

6. Natuurwetenschap is mensenwerk: een humane natuurwetenschap en natuur-onderwijs in de basisschool 77

6.1 Een humane natuurwetenschap 77

6.2 Opnieuw 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' 79

6.3 Humane natuurwetenschap in de basisschool Maatschappijproblemen niet het belangrijkste uitgangspunt 80

6.4 Kinderen als natuurwetenschappers 82
Nuffield Junior Science (82)
Nathan Isaacs: Early Scientific Trends in Young Children (83)
Bijl: Op zoek naar algemene structuren (84)
Kinderen kunnen geen natuurwetenschappers zijn (?) (85)
De natuurwetenschap van kinderen is anders (87)

6.5 Meten, waarnemen, beleven 89
Limonade maken (90), Meten van de windkracht (91), Wespen (93), Schimmels (94)

6.6 Begripsvorming 95
Hoe het niet moet (95), Kinderlijke begrippen zijn anders! (96), Begrippen als achtergrond voor onderwijsgevenden (100), Beleven van het proces van natuurwetenschappelijke begripsvorming (103), Enkele begrippen (105)

6.7 Natuuronderwijs als ontdekkend/onderzoekend onderwijs 106
Natuurwetenschappelijke vaardigheden niet los verkrijgbaar (107), Voorbeelden van natuurwetenschappelijke werkwijzen en -

houdingen als doelen (108), Vragen als uitgangspunt (108), De pedagogische waarde van natuurwetenschap in de basisschool (112)

7. **Slot** 113
Aantekeningen/noten 115

1. Inleiding, opbouw van dit katern

We beginnen met aan te geven dat de vraag naar 'the nature of science' niet noodzakelijk samenvalt met die naar 'de natuur van natuuronderwijs'.
Wat die 'natuur' van de natuurwetenschap betekent wordt dan uiteengezet: wat is natuurwetenschappelijk bezig-zijn qua methoden, inhouden en houdingen? Dit wordt in enkele stappen gedaan, te beginnen met het begrip 'natuurwetenschappelijke geletterdheid', gevolgd door een beschrijving van natuurwetenschappelijk bezig-zijn, wat voorts wordt toegespitst in de bespreking van processen, inhouden en attitudes.
Tevens wordt de kritiek besproken die wordt geuit op natuurwetenschap en techniek, waarbij de verschillende argumenten worden gewogen.
Dit katern wordt dan besloten met een aantal consequenties voor het onderwijs, zoals die uit het voorgaande naar voren komen.

2. The nature of science en natuurwetenschappelijke geletterdheid

2.1 The nature of science

In Engelstalige handboeken voor 'science education' in het basisonderwijs (bijvoorbeeld boeken over de didactiek van 'science', die gebruikt worden in de onderwijzersopleiding) wordt de vraag naar inhoud en bandering van 'natuur' in natuuronderwijs geformuleerd als de vraag naar de natuur van 'science' (1).
Op het eerste gezicht lijkt dit geen verandering van vraagstelling, want 'science' is toch hetzelfde als 'natuuronderwijs'?
Bij nader inzien blijkt dit in de meeste gevallen echter wel iets anders te zijn!
'The nature of science' betekent namelijk bijna altijd 'de *geaardheid* van de natuurwetenschap'.
Maar die 'natuurwetenschap' gaat toch over de 'natuur'? Het is echter merkwaardig dat genoemde handboeken over die 'natuur' vaak niets nader te vermelden hebben en soms stellen dat het gaat over 'natuurverschijnselen', 'de resultaten van natuurwetenschappelijk onderzoek om ons heen': weerbericht, TV, telefoon, trein, medische zorg, etc., 'de wereld om ons heen'.
Alle handboeken noemen echter 'natuurwetenschappelijke houdingen en onderzoeksvaardigheden' 'produkten van natuurwetenschappelijk onderzoek als begrippen (concepten), generalisaties, principes, theorieën en wetten'.
Voor zover er van 'natuur' sprake is, gaat het om een door *natuurwetenschappelijk handelen* gefilterde natuur: een *natuurwetenschappelijke natuur*. Voor de natuurwetenschappen is de vraag naar de betekenis van het begrip 'natuur' een zinloze vraag.
Het gaat de natuurwetenschappen om het via (een) natuurwetenschappelijke methode(n) beschrijven en verklaren van dingen, gebeurtenissen, etc. die zich blijkbaar lenen voor zo'n beschrijving en verklaring.

Wat daaraan vooraf gaat, een primaire werkelijkheid, valt buiten de aandacht (2).
Alle aandacht wordt gericht op de natuurwetenschap als zodanig. Het doel van het *natuurwetenschappelijk onderwijs* wordt geformuleerd als 'scientific literacy', natuurwetenschappelijke geletterdheid. Deze natuurwetenschappelijke geletterdheid wordt nu eerst nader omschreven.

2.2 De vraag om natuurwetenschappelijke geletterdheid

Het begrip 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' is wel nader omschreven als:

> *'voldoende kennis en ervaring opgedaan hebben, zodat de leerlingen enig begrip hebben van het natuurwetenschappelijk onderzoek dat anderen uitvoeren, ook als ze zelf geen natuurwetenschappers worden.' (3)*

De redeneertrant is als volgt:
We leven in een maatschappij die sterk wordt gestempeld door de natuurwetenschappen, met name via de toepassing daarvan in de techniek. Het dagelijks leven van de individuele burgers wordt hierdoor sterk beïnvloed, maar ook in grotere verbanden is deze factor van groot belang. De invloed van de natuurwetenschap en techniek wordt ervaren als zegen (bevrijding) en als vloek (bedreiging).
Enkele voorbeelden:

- elektra in huis; *de noodzaak kleine reparaties zelf te kunnen uitvoeren* veronderstelt een begrip van elektrische circuits; nogal wat mensen zijn bang om deze reparaties uit te voeren, juist door het gebrek aan inzicht;
- de discussie over onze toekomstige *energievoorziening*: wat zijn de alternatieven, zowel in de sfeer van besparing als in diverse manieren van energieopwekking?. Naast inzicht in maatschappelijke processen wordt voor deze discussie enig natuurwetenschappelijk inzicht vereist;
- de discussie over de *aanleg van wegen* (Amelisweerd, Leidse Baan) en de afwegingen die daarbij gemaakt moeten worden, ook van 'natuurwaarden', maar wat zijn dan die *'natuurwaarden'*?;
- er komen *nieuwe materialen* op de markt, die gebruikt worden in kleding en als verpakkingsmateriaal; enig inzicht in de eigenschappen van deze materialen is vereist, als consument bij de aankoop, waarbij je ook rekening kunt houden met de maatschappelijke gevolgen (bijvoorbeeld bij verpakkingsmateriaal: afvalproblematiek); dit probleem heeft individuele en maatschappelijke kanten;

- methoden van *geboorteregeling* vereisen, om bewust gebruikt te kunnen worden, enig inzicht in de werking van het menselijk lichaam en de wijze waarop diverse manieren van geboorteregeling daarop ingrijpen.

Op dezelfde manier zou je nog een poosje kunnen doorgaan: van de toegenomen medische macht door technische ontwikkelingen tot de versnelling van de fiets. Maar om niet te eenzijdig te zijn (bovenstaande voorbeelden gaan over *problemen*, in de individuele, en de maatschappelijke sfeer), geven we nog enkele andere voorbeelden, die meer te maken hebben met een *kijk op de wereld*.

- Een kijk op de *plaats van de aarde in het zonnestelsel*, bijvoorbeeld naar aanleiding van ruimtevaart en maanverduistering, iets weten over de gang van zon, maan en sterren;
- het beleven van het *seizoenritme* in de levende natuur;
- weten hoe een *boom* groeit;
- stenen en mineralen *verzamelen als hobby*, een Teleaccursus over geologie volgen;
- reconstrueren van vroegere toestanden, hoe mensen vroeger hulpmiddelen maakten en gebruikten, in de *experimentele archeologie*;
- besef van de geweldige *tijdsdimensie van het heelal en onze aarde, evolutie*.

Door informatieve programma's op de TV, wetenschapsrubrieken in kranten en allerlei populaire boeken, alle bedoeld om mensen te informeren over actuele natuurwetenschappelijke ontwikkelingen en de mogelijke consequenties daarvan, wordt zeer waarschijnlijk maar een kleine groep mensen bereikt, al zijn exacte cijfers daarover ons onbekend.

Het lijkt ook niet zo eenvoudig om hier achter te komen. Indicaties in de sfeer van de keuze van vakkenpakketten in de bovenbouw HAVO/VWO (4) of (om een ander voorbeeld te noemen) het aantal natuurwetenschappers onder de academisch gevormden in de Tweede Kamer (inderdaad zeer weinig!) (5) lijken ons in dit opzicht wat 'elitair', al hebben deze 'elites' op allerlei plaatsen in de maatschappij veel invloed.

David Hawkins, wetenschapsfilosoof en pionier op het gebied van 'science' voor de basisschool, schrijft in een artikel over 'Science and the public':

> *'Eén van de vreemdste dingen van deze wereld is, dat zo weinig van zijn bewoners delen in de kennis die deze mogelijk heeft gemaakt. Onze veelgeroemde, maar tegelijkertijd kwetsbare spreiding van onderwijs en vorming heeft, zo schijnt het, nauwelijks een positief effect ten aanzien van deze diepgaande vervreemding. Door deze vervreemding*

wordt het gesprek over zaken van algemeen belang verlamd en komen vitale zaken alleen oppervlakkig ter sprake. De oude Romeinen hadden als één van de uitgangspunten van hun wetgeving dat datgene wat ieder raakte, door iedereen beslist moest worden. Dat is de essentie van de democratie, maar in een maatschappij die zich zo snel ontwikkeld heeft dat zijn intellectuele wortels onzichtbaar zijn geworden, wordt deze voortdurend gefrustreerd' (6).

Het merkwaardige is dus dat we enerzijds in een wereld leven die sterk bepaald wordt door natuurwetenschap en techniek, dat vrijwel ieder mens er in de praktijk gebruik van maakt en er in zijn denkwijzen door beïnvloed wordt, maar dat het desondanks voor de meeste mensen een vreemde wereld blijft.
In onze hoog-technologische wereld kan dit leiden tot gevoelens van angst en hulpeloosheid (7). Bovendien is men sterk afhankelijk van experts en wordt daardoor gemakkelijk slachtoffer van manipulatie. In zo'n situatie zijn verschillende reacties van mensen waar te nemen.

- Een negatieve kijk op de wetenschap als *beeldenvernieler*; natuurwetenschappelijke inzichten worden als bedreigend ervaren voor de eigen levensbeschouwelijke opvattingen;
- de natuurwetenschappers en 'techneuten' zijn *een bron van zeer veel kwaad* ('*ze doen maar...* en letten niet op de gevolgen'), zie bijvoorbeeld de milieuproblematiek;
- de natuurwetenschap wordt gezien als de *tovenaarsleerling* van Goethe: er worden processen in gang gezet, die niet meer in de hand te houden zijn; ontwikkelingen lijken vanzelfsprekend maar door te gaan, volgens ingebouwde automatismen; zie bijvoorbeeld de bewapeningswedloop en de toepassing van micro-elektronica (leidend tot een omvangrijke uitstoot van arbeidskrachten).

De negatieve opvattingen over de heersende natuurwetenschap en techniek krijgen soms vorm in alternatieve levenswijzen, vaak ook in maatschappij- en cultuurkritische beschouwingen. Hierop wordt in 6.5 nader ingegaan. Bij 'de man in de straat' leeft dit vaak als een gevoel over de ontwikkelingen als een soort noodlot, iets waar je niets tegen kunt doen.

Tegenover deze negatieve opvattingen over natuurwetenschap en techniek, die uitwerken in een vijandige houding tegenover *de* techniek en *de* natuurwetenschappen (met name natuurkunde en chemie), bestaat er ook een *overschatting*

van de mogelijkheden van natuurwetenschappen en techniek: 'ze vinden er wel wat op', bijvoorbeeld met betrekking tot het probleem van het radio-actief afval van kerncentrales. Hetzelfde geldt voor de typerende reactie op nieuwe grote vondsten van aardolie: 'het valt wel mee met de energievoorraden', terwijl men niet in de gaten heeft hoe het huidige verbruikspatroon leidt tot snel interen op de bekende, maar ook vermoede voorraden. Heel elementaire denkwijzen, zoals het idee van de exponentiële groei, ontbreken of functioneren niet. Alles lijkt mogelijk te zijn (8).

Bij genoemde positieve en negatieve houdingen speelt een gebrek aan inzicht, in wat in natuurwetenschap en techniek wel en niet kan, vaak een belangrijke rol. Dippel spreekt in dit verband van 'overschatting' én 'onderschatting', die mede te wijten zijn aan het tekort schieten van ons onderwijs.

Maar is de bevolking dan echt nog niet genoeg geïnformeerd? Als je het taalgebruik van allerlei mensen in de media hoort en ziet, zou je denken dat we een natuurwetenschappelijk zeer geletterd volk zijn. Kinderen horen al over 'lasers', 'neutronen', 'ecosysteem', 'territorium', 'zwaartekracht', etc. Maar dit gebruik van wetenschappelijk jargon heeft misschien meer te maken met pseudo-kennis, dan met echt inzicht in de betekenis (inclusief relevantie) van de gebruikte termen. We moeten ons hier niet op verkijken:

> *'Vertrouwdheid met de klank van een term wordt al gauw ten onrechte opgevat als begrip van de betekenissen ervan. Je kunt veilig stellen dat minder dan één op de tien personen in technisch hoogontwikkelde samenlevingen adequaat kan verklaren wat ze betekenen' (9).*

Wat hiervan ook zij (of het zo bar is weet ik niet), deze auteur pleit voor science-onderwijs waarin systematisch zeer basale en herkenbare zaken aan de orde komen. Dit is belangrijker dan te proberen op grote schaal 'verdunde' specialistische ('esoterische') natuurwetenschappelijke inzichten te gaan verspreiden. Het frequente gebruik van wetenschappelijke termen in het algemene spraakgebruik wordt in dit verband als belemmerend gezien, omdat daardoor de illusie van natuurwetenschappelijke ontwikkeling gewekt en in stand gehouden kan worden. Allerlei pleidooien dus voor algemene natuurwetenschappelijk-technische vorming (25), ook in de basisschool.
Tegenover deze pleidooien voor een algemene natuurwetenschappelijk-technische vorming staan andere opvattingen,

die juist benadrukken dat het gaat om een relatieve achterstand op de terreinen van de menswetenschappen en de ethiek: we weten en kunnen heel veel, maar we weten niet hoe we met die verworven macht moeten omgaan.
Hierop zullen we in het vervolg van dit katern nog terugkomen.
Vooralsnog volgen we het spoor van diegenen, die een elementaire natuurwetenschappelijke vorming voor de hele bevolking van levensbelang achten voor het voortbestaan van onze cultuur.
Maar wat behoort dan tot die 'elementaire natuurwetenschappelijke vorming'?
In de literatuur wordt dan steeds verwezen naar 'het natuurwetenschappelijk bezig-zijn'.

3. Natuurwetenschappelijk bezig-zijn

Uitgangspunt hierbij is 'de natuurwetenschap' (let wel: niet de 'natuurwetenschappen', we komen daar nog op terug).
Maar wat is dat dan, 'natuurwetenschap'?
Bij 'natuurwetenschap' wordt gedacht aan:

- de feiten, begrippen, principes, theorieën, etc. die resultaat zijn van natuurwetenschappelijk bezig-zijn, een 'body of knowledge';
- Het 'handwerk' van de natuurwetenschap, allerlei manuele en intellectuele vaardigheden die beoefend worden: observeren, hypotheses formuleren, experimenteren, structuren en patronen zoeken, bewerken van verzamelde gegevens, hierbij worden vaak allerlei hulpmiddelen gebruikt; in de vakdidactische literatuur worden deze natuurwetenschappelijke vaardigheden benoemd als 'processen';
- 'natuurwetenschappelijke houdingen', als drang om te weten, zoeken naar evidentie, openstaan voor wederzijdse kritiek en correctie, objectiviteit, en dergelijke.

In enkele gevallen wordt de techniek als een aparte categorie in dit geheel gezien, als 'praktische toepassingen van de natuurwetenschap'. Als het in het vervolg gaat over 'natuurwetenschap', dan slaat de beschreven werkwijze ook voor een groot deel op andere empirische wetenschappen. Maar de natuurwetenschap wordt algemeen als prototype beschouwd van empirisch-wetenschappelijk bezig-zijn, als radicale vormgeving hiervan.
We zijn ons bewust van de vragen die hier te stellen zijn. Maar laten we het spoor verder volgen. Er zal eerst een globaal beeld gegeven worden van het natuurwetenschappelijk bezig-zijn.
Een beeld dat geschetst wordt zal, behalve globaal, ook een *standaardbeeld* zijn, een reconstructie van het wetenschappelijk bezig-zijn, waarbij men er van uitgaat dat wetenschap een *rationele activiteit* is, die *logisch* verloopt en waarbij uitkomsten met *argumenten* verdedigd kunnen worden (11). Het is dit beeld, dat in science-programma's domineert (en

daarbij wordt er vaak nog weinig rekening gehouden met nieuwe ontwikkelingen op wetenschaps-theoretisch gebied) (12).
In dit standaardbeeld wordt het bedrijven van de natuurwetenschap (en andere empirische wetenschappen) beschreven als een *empirische cyclus* (13).
Het is een cyclus waarin we op een bepaalde plaats instappen, namelijk bij de waarnemingsbasis.

I Waarnemingsbasis (enkelvoudige waarnemingsuitspraken)

Alle gegevens van experimenten en andere vormen van onderzoek zijn uiteindelijk terug te voeren op de *waarneming*. De waarneming of iets al of niet voorkomt of gebeurt is beslissend in een empirische wetenschap. De waarneming leidt tot uitspraken over enkelvoudig waargenomen zaken, bijvoorbeeld (gebaseerd op twee artikelen in De Grabbelton, namelijk 'Spelen met laagjes', par. 4.1 en verder en 'Spelen met laagjes, wat leer je ervan?', par. 5.19 en verder):

> 'Toen ik lampolie, spiritus, water en afwasmiddel voorzichtig in een glas goot, ging het afwasmiddel onderin zitten, daarop kwam de spiritus (in een soort ring), daarop het water en de lampolie dreef weer op het water'.

Zo'n waarnemingsuitspraak kan door iedereen gedaan worden, gesteld dat je de vloeistoffen kunt herkennen en benoemen en termen als 'boven' en 'onder' 'kent; de waarneming als zodanig is niet afhankelijk van een bepaalde theoretische gerichtheid.

> *'Deze theorie-onafhankelijkheid betekent natuurlijk niet dat waarneming in de wetenschap niet gericht of systematisch zou plaatsvinden: de theoretische context, waarin het te onderzoeken probleem is gesteld, richt het empirisch onderzoek en bepaalt welke waarnemingen wel en welke niet relevant zijn' (14).*

De resultaten van waarnemingen hebben verder

> *'... een waarheidskarakter van praktische zekerheid, waaraan niets door de theorie wordt toe- of afgedaan' (30).*

II Empirische wetten (universele waarnemingsuitspraken)

Op grond van verzamelde gegevens van waarneming en experiment worden *door inductie (generalisatie) voorlopige em-*

pirische wetten opgesteld, bijvoorbeeld (op het niveau van kinderen):

> 'Als je lampolie, spiritus, water en afwasmiddel voorzichtig in een glas giet, zullen deze lagen vormen, van onder naar boven respectievelijk afwasmiddel, spiritus (in een ringvorm), water en lampolie'.

Deze 'wet' ligt nog op een zeer concreet niveau, je zou ook een veel abstracter wetmatigheid kunnen formuleren. Maar ook deze gevonden wetmatigheid, deze gevonden regelmaat (patroon), is een resultaat van een aantal waarnemingen:
herhalingen (gebeurt het steeds?);
variaties (maakt het wat uit in welke volgorde je de vloeistoffen erin giet?).
De voorlopig gevonden empirische wetmatigheid zal verder gefundeerd, 'gerechtvaardigd' moeten worden. Daarvoor dienen die herhalingen en variaties: 'als ik het herhaal of als ik die variatie uitvoer, zal er hetzelfde resultaat uitkomen': een hypothese in de vorm van een voorspelling en als deze hypothese bevestigd wordt, is dat weer een extra steun voor de gevonden wetmatigheid. Op die manier vindt er tussen I en II al een kleine empirische cyclus plaats (zie het schema) op volgende pagina.

III Theorie

In een theorie worden meerdere gevonden regels in onderlinge samenhang gebracht. Om in de lijn van het al gebruikte voorbeeld te blijven:

> 'vloeistoffen van verschillende 'dichtheid' (= gewicht per volume-eenheid) zullen, als ze voorzichtig bij elkaar gegoten worden, lagen vormen, waarbij de volgorde van de lagen bepaald wordt door de dichtheid: de vloeistof met de grootste dichtheid onderin, met de kleinste dichtheid bovenin'.

Op een abstracter niveau zullen genoemde verschijnselen in het kader van bijvoorbeeld de hydrostatica verklaard kunnen worden.
De theorie laat de regelmatigheden zien als manifestaties van processen op een dieper en niet waarneembaar niveau (15).
Door redenering (deductie) kunnen weer hypothesen uit de theorie afgeleid worden.

IV Nieuwe hypothesen (universele waarnemingsuitspraken)

Deze hypothesen zullen getoetst moeten worden aan de theorie en aan nieuwe waarnemingen en dus naar twee kanten bevestigd moeten worden. Ze hebben in dat laatste geval dikwijls de vorm van als ... dan uitspraken, bijvoorbeeld:

'als je de fles met lagen van verschillende vloeistoffen omdraait, zullen de oorspronkelijke lagen zich weer herstellen'.

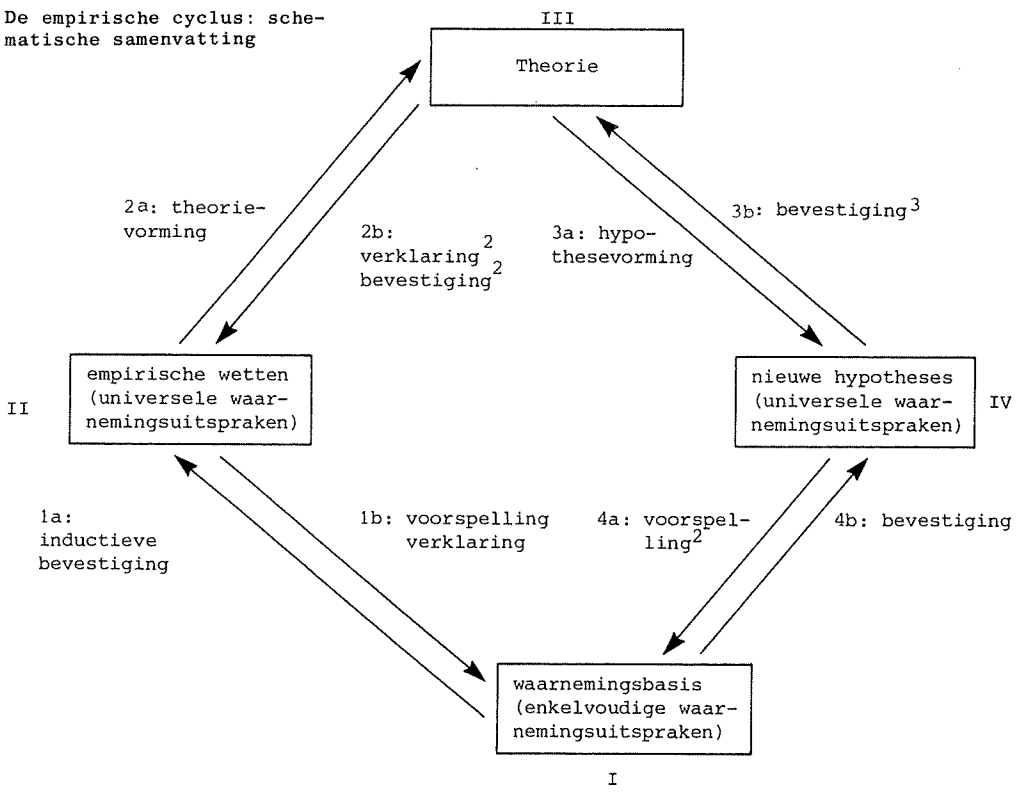
Als deze voorspellingen uitkomen zal de theorie als empirische theorie overeind blijven. Als de voorspellingen niet uitkomen kan:

- de onderzoeker niet goed waargenomen hebben of vanuit bepaalde vooroordelen waargenomen hebben;
- de onderzoeker de voorwaarden waaronder het verschijnsel zou moeten optreden niet onder controle hebben;
- er een fout in de theorie zitten.

Zo is de empirische cyclus 'rond'.

Let wel, het is een rationele reconstructie van een proces, dat niet tot in details altijd zo verloopt!

De empirische cyclus: schematische samenvatting



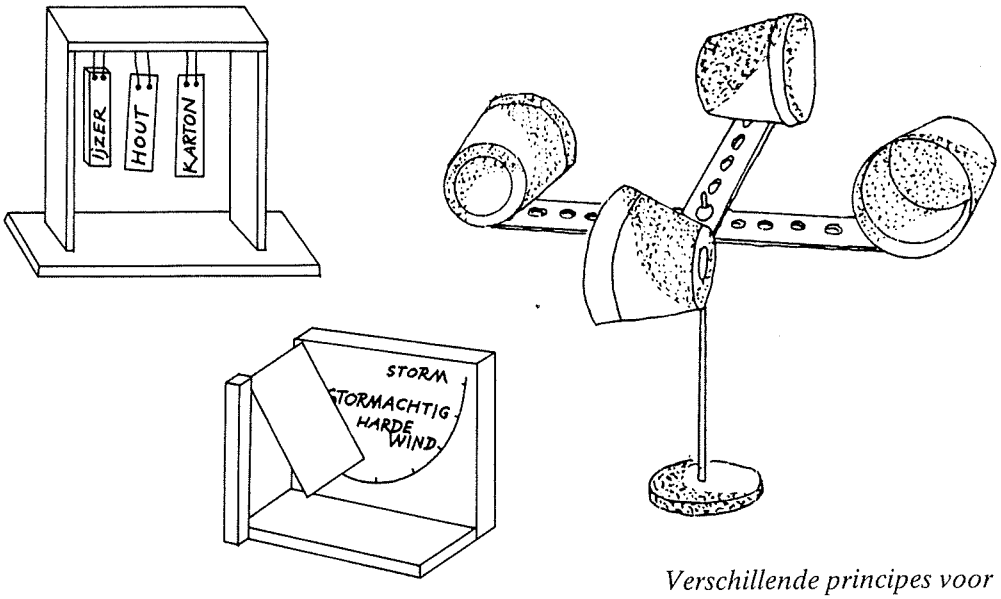
In de empirische wetenschap is het streven ingebakken om steeds algemener wetmatigheden en theorieën te formuleren, zodat een groot aantal verschijnselen met behulp van zo min mogelijk wetmatigheden verklaard kan worden. Het is een in principe eindeloze zoektocht. Deze verworven kennis in de vorm van algemene wetmatigheden en theorieën is ook per definitie *voorlopige kennis*. In bovenstaande empirische cyclus kan je, met name in hypothesevorming, nooit alle alternatieven overzien. De geldige hypothesen die je ontdekt, zijn in zekere mate een 'greep', waardoor de theorie intact kan blijven. Science is een proces van het *construeren* van gehelen van voorlopige kennis, van het ontdekken van verschillende manieren om samenhang in gegevens te brengen (16). De empirische cyclus wordt voorts gekenmerkt door *een bepaalde benadering van de verschijnselen*: (17)

- *tellen en meten*: in het moderne natuuronderzoek wordt zoveel mogelijk geteld en gemeten, om vast te kunnen stellen of kwalitatieve verschillen werkelijk verschillen zijn; bovendien zal het tellen en meten in de communicatie met anderen van belang zijn: je kunt namelijk exact aangeven wat je bedoelt; daarom moet je als natuuronderzoeker zoveel mogelijk dingen meetbaar maken (18); door dit tellen en meten wordt aan de natuur een bepaald schema opgelegd

  'maar dat dan deze of die maat en dit of dat kwalitatief verschil gevonden wordt, is niet een gevolg van ons meten, maar van de maten, grenzen en vormen die in de natuur op één of andere wijze voor ons aanwezig blijken',

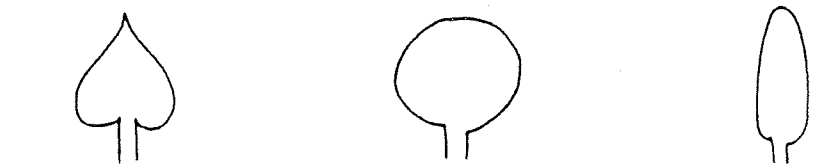
  wat niet meetbaar is, moet zoveel mogelijk meetbaar gemaakt worden! Hier naderen we het volgende methodische kenmerk, namelijk
- *idealisering*: je krijgt greep op de grillige, vaak nog veranderende materiële werkelijkheid om je heen, door natuurlijke vormen terug te brengen tot een beperkt aantal geometrische typen, ideale vormen; (19) de landmeter bijvoorbeeld:
  - kiest vaste oriëntatiepunten;
  - identificeert de te meten objecten, onderscheidt dit van dat;
  - herleidt de natuurlijke vormen tot een aantal grondvormen: niet elk kronkeltje wordt getekend;

  de natuurlijke vormen moeten dan wel deze vorm 'aangeven', het kan niet iets totaal anders worden, ze nodigen als het ware uit tot deze idealisering:
  'als we ze waarnemen, menen we rechte lijnen, vlakken of cirkels te zien...'



Verschillende principes voor het meten van windkracht

'Wat ongeveer recht is, wordt nog meer recht gemaakt wat nagenoeg cirkelvormig is, nog meer cirkelvormig.'



omgekeerde hartvorm *cirkelvorm* *torenvorm*

boomvormen

Het zijn 'ideale' grensgevallen van een veelvormige werkelijkheid (20). Men name het *Montessori-materiaal* is sterk op dit principe geënt; tot deze 'idealisering' behoren die activiteiten die we *'classificeren'* kunnen noemen, het *indelen en ordenen*, maar er is ook een sterke verwantschap met het construeren van *modellen*.

- *experimentele isolering en hypothesevorming*:
  het experiment is het brandpunt van de natuurweten-

schappelijke analyse van de natuur, van het 'dicessare naturam' (het in stukjes snijden van de natuur, een term van Francis Bacon); er wordt begonnen bij een detail, niet bij het (omgevende) geheel, de complexiteit; in het experiment wordt dit stukje natuur als het ware in een keurslijf gedwongen om wetmatigheden te vinden, zodat *voorspelling* mogelijk is!
- *begrips- en theorievorming*: bij 'idealisering' kwam de begripsvorming al in zicht, de reële, veelvormige werkelijkheid wordt hanteerbaar gemaakt tot een aantal grondvormen; bij de beschrijving van de empirische cyclus hierboven werd de theorievorming reeds besproken.

Langs deze weg wordt een 'natuurwetenschappelijke natuur' ontdekt. Het is een weg van de *beperking*, namelijk tot datgene wat hanteerbaar is. Deze beperking is ingebouwd in de gehanteerde methode (afgesproken regels), welke als het ware werkt als een filtratieproces. Op het filter blijft, als residu, de 'natuurwetenschappelijke natuur' achter. Wat door het filter heen loopt, is natuurwetenschappelijk niet grijpbaar. Wat is dat dan? Alles wat nu nog niet grijpbaar is voor de methode. Maar verder principieel:
- alles wat niet telbaar en meetbaar is (en dus niet wiskundig te formuleren), bijvoorbeeld tast- en geurkenmerken;
- alles wat zich niet herhaalt en niet herhaalbaar is, het unieke;
- die kwaliteiten van de dingen die in het proces van 'idealisering' 'verdwijnen, hun individuele kwaliteiten (al kunnen we daarover alleen maar spreken in termen van algemene kwaliteiten);
- processen die te subtiel zijn of te snel verlopen of waar je niet bij kunt komen zonder het te doden.

Hierover zegt de natuurwetenschap niet dat het niet bestaat, maar dat er als natuurwetenschap niets over gezegd kan worden.
Deze beperking tot het hanteerbare, operationele, verwijst overigens al in de richting van de techniek.

Natuurwetenschappelijke kennis is niet 'objectief' in de betekenis van 'onafhankelijk van de waarnemer', maar *methodisch bepaalde kennis.*
Als afsluiting van deze paragraaf in verband daarmee een lang citaat van Heisenberg:

'Als er al over een natuurbeeld van de exacte natuurwetenschap in onze tijd gesproken kan worden, dan gaat het eigenlijk niet meer om een beeld van de natuur, maar om

een beeld van onze betrekkingen met de natuur. De oude indeling van de wereld in een objectief verloop in ruimte en tijd aan de ene kant en de ziel, waarin zich dit verloop spiegelt aan de andere kant, dus het Cartesiaanse onderscheid van res cogitans en res extensa, is geen goede basis meer voor het begrijpen van de moderne natuurwetenschap. In het blikveld van deze wetenschap staat veel meer en voor alles het net van relaties tussen mens en natuur, van de samenhangen waardoor wij als lichamelijk organisme afhankelijke onderdelen van de natuur zijn en de natuur tegelijkertijd als mens tot object van ons denken en handelen maken. De natuurwetenschap staat niet meer als beschouwer voor de natuur, maar erkent zichzelf als deel van deze wisselwerking tussen mens en natuur. In de wetenschappelijke methode van isoleren, verklaren en ordenen wordt men zich bewust van de grenzen, die haar gesteld zijn, doordat het gebruik van de methode het object verandert/omvormt, dat ook de methode niet meer los gezien kan worden van het object' (21).

In deze paragraaf werd het bedrijven van natuurwetenschap uiteengezet, met name de logische, rationele kant daarvan. Het bleek dat de zo ontdekte natuur sterk medebepaald wordt door de gehanteerde methoden: een natuurwetenschappelijke natuur. Natuurwetenschap is daarin een menselijke activiteit, namelijk het stellen van vragen door mensen aan de natuur.

Maar, zoals we al eerder aangaven, deze rationele beschrijving van het natuurwetenschappelijk bezig-zijn doet geen recht aan de individuele en maatschappelijke kant van de zaak. Natuurwetenschappers zijn niet alleen rationele wezens. Ze toetsen theorieën, maar het vinden van hypothesen is niet alleen of zelfs in de eerste plaats een logisch proces, daarin spelen bijvoorbeeld ook creatieve momenten een rol. Bovendien zijn de individuele levensgeschiedenis van de onderzoeker plus de sociale context waarbinnen het onderzoek plaatsvindt van invloed. We komen daar nog op terug.

Met betrekking tot de geschetste methodiek moeten we ons afvragen

- of deze exclusief voor de natuurwetenschap is, bepalend voor de geaardheid van de natuurwetenschap;
- of deze in gelijke mate opgaat voor alle natuurwetenschappen; met name biologen hebben vaak moeite met het reductionisme; is er wel sprake van één natuur, waarop één natuurwetenschappelijke methode van toepassing is?

Uit het citaat van Heisenberg blijkt de ambivalente positie van de mens ten aanzien van de natuur. Een zeer belangrijke notie bij hem is ook het begrip 'grens' – niet alleen van de natuurwetenschap, maar ook *in* de natuurwetenschap: natuurwetenschappelijk handelen als het verkennen van grenzen (22). Daarin weerspiegelt zich de ontwikkeling van de natuurwetenschappelijke theorieën en methodieken, de wisselwerking tussen 'wat kan de materie doen?' 'en 'wat kan ik met de materie doen?'
In verband met het begrip 'natuur' in 'natuuronderwijs' zullen we hierop in het derde katern nog terugkomen.

4. Processen, begrippen en attitudes

Het begrip 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' als mogelijke doelstelling van natuuronderwijs in de basisschool wordt in allerlei didactische literatuur verder uitgewerkt, waarbij vaak een bepaald accent gelegd wordt bijvoorbeeld op:

a. de *werkwijze*, de *onderzoekstechnieken* van de natuurwetenschappen: 'Science is what scientists do';
b. een *begrippenstructuur* van de natuurwetenschappen;
c. natuurwetenschappelijke *houdingen*, verbonden met onderzoekstechnieken, vooral gericht op natuurverschijnselen.

N.B.
Het gaat om *accenten*, om onderscheidingen. Werkwijzen zijn bijvoorbeeld nooit los te zien van inhouden en omgekeerd.

Het is verleidelijk om nu verder in te gaan op leerplanmatige en praktische vormgevingen van deze 'natuurwetenschappelijke geletterdheid', zoals deze met name in leerplanmaterialen vorm gekregen hebben. We zullen die verleiding weerstaan en proberen eerst helderheid te krijgen over de *wenselijkheid* van de doelstelling 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' in het algemeen en in het basisonderwijs in het bijzonder. Daarbij herinneren we onszelf eraan dat we nog steeds bezig zijn een beter zicht te verkrijgen op de inhoud (omvang en ordening hiervan) en de werkwijze van natuuronderwijs op de basisschool.
Voor het goede begrip zullen enkele aspecten van 'natuurwetenschappelijk bezig-zijn' die van belang zijn voor het verder vormgeven van 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' kort worden beschreven, namelijk de hierboven onder a tot en met c genoemde aspecten, als aanvulling van wat er in het vorige hoofdstuk besproken werd.

4.1 Processen: 'science is what scientists do'

De kinderen moeten leren met de wereld bezig te zijn, zoals een natuurwetenschapper dat doet.
Dit betekent dus: onderzoekend bezig-zijn, leren hoe te onderzoeken. Deze algemene doelstelling wordt nader gespecificeerd in allerlei deel-vaardigheden, zoals die uit de 'empirische cyclus' af te leiden zijn.
Natuurwetenschappers zouden het er in verband met algemeen natuurwetenschappelijk onderwijs over eens (kunnen?) zijn, dat het bij natuurwetenschappelijk onderzoek gaat om de volgende, in zeer algemene termen gestelde, methodologische procedures:

1. het vinden van een geschikte taal om natuurwetenschappelijke problemen (in) te formuleren; zo eenvoudig mogelijk;
2. hoe gegevens verzameld en geanalyseerd moeten worden;
3. het correct toepassen van logische redeneringen;
4. het gebruik van theorie en modellen;
5. de noodzaak van toetsing (verificatie);
6. de noodzaak van kritiek van collega's onderling (23).

Dit rijtje geeft nog maar weinig concrete aanknopingspunten, juist omdat het zo algemeen geformuleerd is. Op een super-abstract niveau kun je verschillende zaken trouwens schijnbaar eenvoudig aan elkaar breien. Auteurs die een radicale keuze maken voor 'proces-gericht science-onderwijs' doen dat, omdat zij *de dynamiek van de wetenschappen* benadrukken: de ontwikkelingen gaan zo snel, dat je in een mensenleven met een basisbestand aan weten niet meer toekomt. Concentreer je daarom maar op de natuurwetenschappelijke processen, dan:

- leren de zo gevormde kinderen de resultaten van natuurwetenschappelijk onderzoek naar waarde schatten;
- leren ze een universeel toepasbare aanpak van problemen, wordt 'transfer' naar andere gebieden vereenvoudigd en worden vakgrenzen doorbroken;
- wordt aldus een belangrijke bijdrage geleverd aan de intellectuele ontwikkeling van de kinderen.

Aldus de redenering.
Een bekende auteur beschrijft het aldus:

> *'Science... een soort reis in het onbekende, met alle onzekerheden die daarmee samenhangen. Het bedrijven van natuurwetenschap betekent het gebruik van intuïtie; het betekent het scheppen van abstracte ideeën vanuit concrete ge-*

beurtenissen, om uit te vinden

- *hoe dingen werken (beschrijving);*
- *waarom ze (mogelijk) zo werken (verklaring);*
- *wat er gedaan moet worden, zodat ze ook onder andere omstandigheden zo werken (controle)' (24).*

Vervolgens worden verschillende 'processen' zo praktisch mogelijk beschreven; helaas moeten we hier volstaan met een opsomming:

- *observeren* met alle zintuigen en deze kunnen *beschrijven* met de bijbehorende taal;
- van voorwerpen de *eigenschappen* kunnen *benoemen* zoveel mogelijk in termen die *ondubbelzinnig* zijn, het liefst *in termen van handelingen* met het voorwerp, zodat, in *communicatie* met anderen, *het criterium: 'laat eens zien'* tot zo weinig mogelijk misverstanden leidt; een *relatie* kunnen leggen tussen de *eigenschappen* van dingen en hun *functie;*
  kunnen beschrijven (definiëren) van eigenschappen van iets in *vergelijking* met... andere dingen en
  een duidelijk (zo eenvoudig mogelijk) *criterium;*
- *verzamelen* en kunnen *ordenen* van objecten en verschijnselen onder 'hogere' (abstracte) categorieën en verdelingen en onder-verdelingen (het opstellen van een taxonomie);
  ordenen van objecten en verschijnselen in *tabellen, staafgrafieken, histogrammen*;
- ordenen van objecten en verschijnselen in een samenhangend geheel, waarbinnen *interacties* tussen de delen bestaan; een *systeem;*
- *tellen en meten.*
  weten *waarom* er geteld en gemeten moet worden en hoe je dat het beste kunt doen; nagaan of een verschijnsel wel meetbaar is of meetbaar te maken is, of de meting herhaalbaar is: hoe groot de kans op eenzelfde meetresultaat onder dezelfe omstandigheden is; de *betrouwbaarheid* van de meting kunnen inschatten: het gebruik van vaste referentiepunten, een schaal, voor lengte, volume en massa;
  ook voor indirect te meten verschijnselen als temperatuur, kracht en tijd;
- door middel van *experimenten* vaststellen van *relaties* tussen objecten en verschijnselen (variabelen), waardoor *voorspellingen* van het type 'als... dan...' mogelijk worden; dat houdt onder andere in het precies beschrijven van de variabelen, het ontwerpen van het experiment: grootte steekproef bepalen, plus tijdstip van verzamelen/vaststellen gegevens etc.

Deze auteur beschrijft ook *het onderzoek naar relaties die geen aanknopingspunten hebben in het direct zichtbare en overzienbare*, bijvoorbeeld omdat het te klein is, of juist te groot (astronomie), omdat het over processen gaat die langere tijd duren (klimaatstudies bijvoorbeeld) of te ingewikkeld zijn. Daarbij moet er nog sterker met reducties gewerkt worden, bijvoorbeeld in de vorm van *gemiddelden* en *modellen*.

Ook wordt de rol van toeval/keus in het onderzoek en in de natuur besproken.
Er wordt een sterk accent gelegd op het *ordenen, het ontdekken van orde en regelmaat, het begrijpen van orde en regelmaat*: 'Making order out of disorder' (25).

In deze opsommingen komen de verschillende momenten van het natuurwetenschappelijk bezig-zijn (zie par. 3), zoals het waarnemen, een inductie van waarnemingen tot voorlopige (vermoedelijke) empirische wetmatigheden in de vorm van te toetsen hypothesen (en theorieën), het publieke (= controleerbare en met argumenten te verdedigen) karakter van natuurwetenschappelijke kennis, door tellen en meten, idealisering, experimentele isolering, logisch redeneren (deductie), kortom:
reduceren om tot hanteerbare en betrouwbare kennis te komen goed naar voren.
De 'natuur' als 'natuurwetenschappelijke natuur' kan op deze manier binnen het basisonderwijs aan de orde komen.
Tot zover dan de korte beschrijving van doelstellingen die betrekking hebben op de proceskant van het natuurwetenschappelijk onderwijs in de basisschool.
Er zijn nogal wat *bezwaren* ingebracht *tegen een eenzijdige procesbenadering* in het natuurwetenschappelijk onderwijs. Enkele van deze bezwaren die in het verband van dit betoog belangrijk zijn:

- De tegenstelling van processen en inhouden is niet reëel. Vraagstellingen en experimenten komen niet zomaar uit de lucht vallen, maar worden bepaald door inhoudelijke structuren, hoe voorlopig en summier ook. Uit volstrekt niet-weten kan nooit een vraag voorkomen (26). Schwab noemt in dit verband een voorbeeld uit de geschiedenis van de chemie (27). De chemie kon een sprong maken bij de studie van de stoffen die er zijn op deze wereld door een bepaalde betekenis (het begrip is veel ouder!, denk aan 'de vier elementen': aarde-water-lucht-vuur bij de oude Grieken!) van het begrip 'element' daarbij als uitgangspunt te nemen. Onder 'element' verstond Lavoisier

'eenvoudige stoffen'; dat wil zeggen de laatste grens van de chemische analyse, een stof die niet verder ontleed kan worden in een nog eenvoudiger stof (28). Dit leidde tot de vraag: 'in welke elementen kan deze stof gesplitst worden?' en daaruit ontstonden analyse en synthese van elementen en verbindingen.

David Hawkins schrijft over de scheiding van 'methode' van 'inhoud':

'er zijn sommige waarheden waarop we alleen met tenminste twee zinnen kunnen antwoorden, in tegenstelling tot slogans, die gewoonlijk uit één zin bestaan. De eerste waarheid bestaat hierin dat de kunst (kunde) van het wetenschappelijk onderzoek pedagogisch gezien fundamenteler is dan de feiten en principes die daarin en daardoor geformuleerd worden.

Maar de tweede waarheid, die niet minder belangrijk is, is dat deze kunst niet kan groeien zonder gevoed te worden; en datgenen waardoor de methode gevoed wordt, de bron van zijn macht en autoriteit, bestaat in de orde en organisatie van de wereld die onderzocht wordt' ...' ... methode is het gebruik van kennis om kennis te vergroten' (29).

Let wel, dit betekent nog niet automatisch een keuze voor een geheide 'kennisoverdracht', alvorens er 'onderzocht' kan worden. De vraag hoe je in de 'kenniscirkel', of beter: de 'kennisspiraal' komt, is niet zo eenvoudig te beantwoorden.

Van belang voor ons is dat een algemene, inhouds-onafhankelijke natuurwetenschappelijke methode problematisch blijkt te zijn. De geleerden zijn het op dit punt niet met elkaar eens (30) en het is duidelijk, dat hier heel wat voetangels en klemmen liggen.

Die liggen op wetenschaps-theoretisch terrein ('zo werkt wetenschap niet').

Die liggen ook op het terrein van de relatie van wetenschap en maatschappij. Die liggen tenslotte (en dat is in deze publikatie al meermalen geconstateerd) in het vlak van *de onderlinge relatie van verschillende werkelijkheidsgebieden* (het niet-levende, het levende, het psychische, het sociale, etc.) en de wetenschappen die deze gebieden bestuderen. We herinneren aan de weerzin van veel biologen tegen een (te) sterk reductionisme, iets dat bij natuurkundigen juist hoog gewaardeerd wordt! Is bijvoorbeeld het leven te herleiden tot fysisch-chemische structuren en processen, of is het 'meer'? (31)

We moeten hier wel onderscheid maken tussen een zogenaamde 'ontologisch reductionisme' (32) (dat wil zeggen dat het ene werkelijkheidsgebied herleid wordt tot een ander,

vaak 'eenvoudiger' werkelijkheidsgebied) (bijvoorbeeld leven tot fysisch-chemische structuren en processen) en 'methodologisch reductionisme', waarbij men er, om praktische redenen van onderzoekbaarheid, van uitgaat dat bijvoorbeeld de vraag wat 'leven' is alleen te beantwoorden valt via fysisch-chemisch onderzoek. De 'rest' (het 'meer') kan er wel zijn, maar daar kan de wetenschap niets over zeggen. (33)
Het streven naar de ene (natuur-)wetenschappelijke methode hangt vaak samen met dit methodologisch reductionisme (plus soms ontologisch reductionisme). Deze vragen zullen in het vervolg van dit katern verder besproken worden onder het hoofd 'natuurwetenschap en techniek in discussie'. In het volgende katern zal de geleding van de werkelijkheid worden besproken.
Blijft er dan, na alle kritiek overwogen te hebben, nog iets over van de wenselijkheid van 'wetenschappelijk bezig-zijn' bij natuuronderwijs in de basisschool? We zullen zien.
Misschien wordt in deze discussie 'wetenschap' als veel te 'hoog' gezien, maken we het veel te ingewikkeld, heeft 'wetenschap' meer verwantschap met 'common-sense'-benaderingen, ook van kinderen, dan we vaak aannemen (34). Maar ook dan blijft nog de vraag hoe je op die 'common-sense' verder kunt bouwen.

We zullen ons nu eerst tot een ander aspect van 'natuurwetenschappelijkheid' wenden, namelijk de *produkten* van het 'natuurwetenschappelijk bezig-zijn':
begrippen, principes, theorieën, etc., kortom de *inhoudelijke structuur* van de natuurwetenschap(pen).

4.2 Natuurwetenschappelijke sleutelbegrippen

'Natuurwetenschappelijke geletterdheid' kan ook van een andere kant benaderd worden dan vanuit de 'processen', namelijk vanuit *'kernbegrippen'* of *'sleutelbegrippen'* van de natuurwetenschappen: de *inhoudelijke structuur* (35).
Elke wetenschap kan beschreven worden aan de hand van een aantal onderling verbonden begrippen. Deze begrippen representeren basisprincipes of grondstructuren van het werkelijkheidsgebied waarop die wetenschap betrekking heeft.
Elke empirische wetenschap zoekt naar zulke basisprincipes
(liefst zo weinig mogelijk)
waarmee verschijnselen
(liefst zo veel mogelijk)
te verklaren zijn.

Zie daarover het citaat van Minnaert op het titelblad. De gevonden wetmatigheden, principes en begrippen vormen een 'sleutel' op een groot aantal concrete verschijnselen. Zo geven de 'wetten van Mendel' een verklaring voor het overerven van eigenschappen in opeenvolgende generaties.
Zo heeft het begrip 'klimaat' als abstractie van het verloop van de temperatuur, neerslag, luchtvochtigheid, windrichting en windkracht op een bepaalde plaats gedurende een lange tijd (een min of meer vast patroon) de mogelijkheid om plaatsen in dit opzicht onderling te vergelijken.
Begrippen als 'kringloop', 'materie' (ook lucht is materie, voor kinderen en veel volwassenen is het een soort 'leegte'), 'molecuul', 'energiebehoud', 'atoom', 'leven', geven, mits ze begrepen worden, 'gevuld' zijn en geen lege klanken blijven, een heel bepaald zicht op de werkelijkheid. Ze ontsluiten een groot ervaringsgebied door onderling orde te brengen in een groot aantal afzonderlijke 'feiten'.
De begrippen van een bepaalde wetenschap staan niet los van elkaar, maar hangen samen, vormen een *raamwerk van begrippen*: de inhoudelijke structuur. Deze begrippen geven richting aan het onderzoek. Zie het voorbeeld over het begrip 'element'. Een 'natuurwetenschappelijk geletterd persoon' kan beschikken over wetenschappelijke begrippen, in termen waarvan de wereld rondom geïnterpreteerd kan worden (36).
In onderwijs dat deze 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' als doel heeft, moet je je volgens deze zienswijze concentreren op deze sleutelbegrippen. Daardoor kun je de informatie die op je afstormt 'plaatsen'. Bij geïntegreerd natuurwetenschappelijk onderwijs zijn deze begrippenraamwerken niet ontleend aan één wetenschap, maar aan meer natuurwetenschappen en zijn ze bedoeld als een *vakken-geïntegreerd kader* (37).
Om het wat concreet te maken bespreken we nu enkele van zulke begrippenraamwerken, vanuit de vraagstelling of deze ons verder helpen:
- bij het verkrijgen van een *overzicht over de inhoud* van natuuronderwijs: is dit nu 'de natuur' waarover we het kunnen en willen hebben?;
- bij het *ordenen van de inhouden* binnen natuuronderwijs: hoe kun je binnen geïntegreerd natuurwetenschappelijk onderwijs inhouden ordenen?

We zullen deze begrippenraamwerken niet allereerst didactisch bekijken, maar vanuit een wat 'filosofischer' gezichtshoek, met name ook omdat achter deze schema's de pretentie zit dat je op deze manier de (natuur-)wetenschappen op

een geïntegreerde wijze aan de orde kunt stellen. Het eerste voorbeeld wordt gevormd door Science Curriculum Improvement Study (SCIS), een toonaangevend programma in de VS.

Toelichting bij het begrippenraamwerk van SCIS

Bij dit overzicht zullen we nog enige toelichting geven vanuit de bedoeling van het project.

- In het biologie-programma zijn de centrale begrippen 'organisme' en 'ecosysteem', in het natuurkundeprogramma 'materie' en 'energie'.
- De begrippen 'eigenschap', 'referentiekader', 'systeem' en 'model' zijn *'procesgerichte begrippen'*. Zij vormen de kern van de natuurwetenschappelijke processen van observeren, beschrijven, vergelijken, classificeren, meten, interpreteren van evidentie en experimenten.
  'Systeem' wordt gedefinieerd als 'een groep met elkaar verbonden objecten die samen een geheel vormen', bijvoorbeeld batterij en elektrische circuits die samen een werkende transistor-radio vormen of een zaad en de vochtige grond waarin dit geplant is. Binnen een 'systeem' zijn 'sub-systemen' te onderscheiden, bijvoorbeeld vochtige grond (uit voorbeeld) – 'sub-systemen': klei, zand, water en ontbonden organisch materiaal.
- De samenhang van biologie en natuurkunde wordt als volgt vormgegeven:
  - er is een gelijksoortige aanpak van problemen (observeren, experimenteren, classificeren, etc.);
  - de begrippen 'organisme' en 'object' duiden beide een bepaalde 'eenheid' aan als drager van zekere eigenschappen;
  - het begrip 'interactie' (niveau 2) is de spil van het hele programma;
  - begrippen en werkwijzen uit het natuurkunde-deel, functioneren in het biologie-deel (zie de eerste kolom 'overzicht'). (38)

Vragen en opmerkingen bij het SCIS-programma

- Het eerste wat ons opvalt is de beperkte inhoudelijke 'range'. Het gaat in feite om een koppeling van biologie en natuurkunde (dit laatste inclusief chemische aspecten). Sterrenkunde en geologische (fysisch-geografische) zaken vallen erbuiten, maar ook het eigen lichaam.
  Die ontbreken in het overzicht, maar ook in de 'teachers' guides'.
- De integratie van biologie en natuurkunde verloopt vrijwel alleen via de 'procesgerichte begrippen' en het begrip

Overzicht van het Scis-programma

niveau	overzicht	biologische concepten	natuurkundige concepten
1.	De units voor het eerste jaar hebben als gemeenschappelijke doelstellingen: het versterken van de vermogens van de kinderen tot waarnemen, onderscheiden en precieze beschrijving. Met het oog hierop zorgen de kinderen voor waterplanten en -dieren, kweken ze zaailingen op en onderzoeken ze de eigenschappen van een grote verscheidenheid van niet-levende objecten. De volgorde waarin de units onderwezen worden doet er niet toe.	**organismen** organisme habitat geboorte voedselnet dood detritus	**'material objects'** object ordenen in series eigenschap verandering materiaal evidentie
2.	In de biologische -en de natuurkundige unit voor dit jaar is het gemeenschappelijk thema 'verandering', zoals de kinderen dat kunnen waarnemen als duidelijk gevolg van interactie of door observatie van de ontwikkeling van een dier of een plant. In de twee units hebben de kinderen, behalve de vaardigheden met betrekking tot het waarnemen, die ze gedurende het eerste jaar ontwikkeld hebben, ook nog toepassing van het verstandelijk proces van het interpreteren nodig. In een practicum ('laboratory work') gebruiken de kinderen magneten, batterijen, elektriciteitsdraden, verschillende chemicaliën fotografisch papier, katrollen, elektromotortjes, zaden, meelvormen, kikkereieren, fruitvliegjes. De units kunnen in willekeurige volgorde onderwezen worden, eventueel gelijktijdig.	**levenscycli** groei ontwikkeling levenskringloop erfelijke identiteit voorplanting biologisch potentieel plant en dier gedaanteverwisseling	**interaktie en systemen** interaktie evidentie van interaktie systeem interaktie-op-een-afstand
3.	Er wordt voortgebouwd op de eerste twee jaren van het scis -programma. De kinderen namen steeds complexer verschijnselen waar, en experimenteren ook met complexer verschijnselen. Zij gaan nu al meer in de richting van het begrijpen van de concepten 'energie', 'materie' en 'ecosysteem'. In de natuurkunde -unit experimenteren de kinderen met materie in vaste, vloeibare en gasvormige toestand en verrichten en analyseren ze metingen. In de biologie -unit observeren de kinderen de interacties van verschillende organismen in een gemeenschap van planten en dieren en letten op de onderlinge afhankelijkheid van individuen en populaties in de gemeenschap.	**populaties** populatie planteneter predator vleeseter prooi voedselketen gemeenschap voeselnet	**subsystemen en variabelen** subsysteem oplossing histogram variabele verdamping

▶

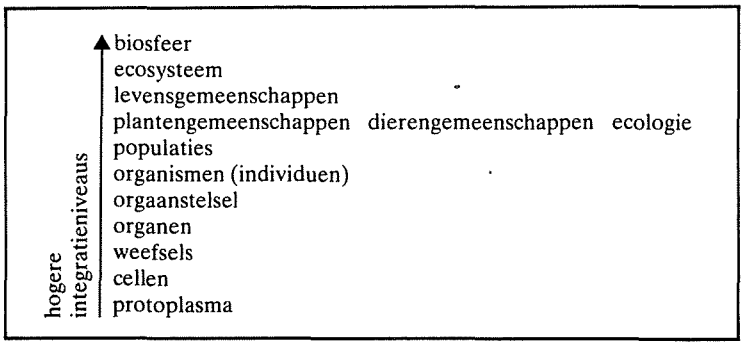
▶

Overzicht van het Scis-programma

niveau	overzicht	biologische concepten	natuurkundige concepten
4.	In de biologie-unit bestuderen de kinderen voor de eerste keer enkele van de fysische factoren die het milieu van een organisme bepalen. Deze onderzoekingen maken gebruik van vaardigheden in het meten en van de natuurwetenschappelijke achtergrond, die de kinderen zich tijdens de eerste drie jaar verworven hebben, zowel in biologie- als in de natuurkunde-units. De natuurkunde-unit introduceert technieken, die van belang zijn bij het bestuderen van ruimtelijke relaties van stilstaande en bewegende voorwerpen.	**milieus** milieu milieufactor ordening ('range') optimale ordening	**relatieve positie en -beweging** referentie-object referentie-kader relatieve positie polaire coördinaten relatieve beweging rechthoekige coördinaten
5.	De ontwikkeling van concepten in het scis-programma gaat verder door het introduceren van voorbeelden van energie-overdracht in de natuurkunde-unit en van voedseloverdracht in de biologie-unit. De kinderen passen toe: – het concept 'systeem'; – het identificeren van variabelen; – het interpreteren van feiten. Hiermee zijn ze vertrouwd geraakt gedurende de jaren dat ze met het scis-project hebben gewerkt.	**gemeenschappen** producent fotosynthese consument gemeenschap	**energiebronnen** energie-overdracht energiebron energieketen energie-ontvanger
6.	Het laatste jaar van het scis -programma omvat zowel een climax als een nieuw begin. De biologie -unit integreert alle voorgaande units, zowel de biologische als de natuurkundige, wanneer de kinderen de uitwisseling van materie en energie tussen organismen en hun omgeving onderzoeken. De natuurkunde -unit introduceert het concept van het wetenschappelijk model en schept zo nieuwe mogelijkheden voor het interpreteren van feiten en het maken van hypothesen op een ander niveau. Tegelijkertijd wordt er verband gelegd tussen de concepten 'materie' en 'energie' enerzijds en elektrische verschijnselen anderzijds. Er wordt zo een basis gelegd voor het begrijpen (later) van de elektrische aard van alle materie.	**ecosystemen** ecosysteem waterkringloop zuurstof-koolzuurgaskringloop vervuiling	**modellen: elektrische - en magnetische interakties** wetenschappelijk model elektriciteit magnetisch veld

'interactie', welke niet specifiek zijn voor noch de biologie, noch de natuurkunde.

- De 'biologie-lijn' ziet er redelijk consistent uit, vooral ook omdat de verschillende integratieniveaus uit de ecologie daarin worden gehanteerd.
  Zie daarvoor het volgende kadertje: Elk volgende 'systeem', dat weer 'sub-systeem' is van een volgend integratieniveau. (39)



Het biologie-gedeelte van SCIS is wel speciaal vermeld als het enige programma
'That builds a comprehensive and sequential view of the natural environment through the elementary school grades'. (40)
'Ecologisch geletterdheid' (41) dus. Dit is een bepaalde keus uit de biologische wetenschappen.
De natuurkunde-lijn is heel wat minder consistent. Er zijn eigenlijk twee lijnen, de ene tussen 'materieel object = materie + object' en 'energie', de andere lijn wordt gevormd door de 'proces-begrippen'. De eerstgenoemde lijn, welke je de 'echt-fysische' zou kunnen noemen, wordt nauwelijks uitgewerkt en is in feite ondergeschikt aan de lijn van de 'proces-begrippen', die een mengsel is van begrippen uit de 'empirische cyclus' in natuurwetenschappelijk onderzoek, de algemene systeemtheorie en de theorie van de ruimtelijke relaties van stilstaande en bewegende voorwerpen.

- Er zijn principiële vragen te stellen over de hoge waarde die toegekend wordt aan zulke inhoudelijke raamwerken, als vakken-integrerend kader, met name de pretentie dat zulke kaders vanuit de verschillende wetenschappen opgebouwd zouden kunnen worden, met als resultaat 'de structuur van de science'.
  In de wetenschappen zijn begrippenstructuren nooit 'af',

maar onderdeel van een in principe eindeloze zoektocht. Een bepaalde begrippenstructuur is ook niet 'de enige juiste' structurering van het stuk werkelijkheid waarop deze betrekking heeft. Ze hebben altijd en noodzakelijk een min of meer *arbitrair karakter*, hetzelfde werkelijkheidsgebied kan ook op andere manieren beschreven worden:

- door de dynamiek van het wetenschapsbedrijf kunnen andere accenten gelegd en andere uitgangspunten geformuleerd worden; wetenschappelijke kennis is in principe steeds herzienbaar; (42)
- deze dynamiek komt onder andere tot uiting in de ver doorgevoerde specialisatie; naarmate men verder doordringt in een bepaalde materie blijken de grenzen tussen de verschillende disciplines met hun bijbehorende begrippensystemen te vervagen en ontstaan *'tussenvlakken'* als bio-chemie, biofysica, geofysica, bionica (biologie en techniek!), fysische chemie, etc.; voor een deel komt dit ook voort uit de ervaren noodzaak tot *samenwerking van verschillende disciplines*, vanwege de ingewikkeldheid van het probleem, dus geen grensvervaging, maar samenwerking, onder andere in de vorm van 'tweetaligheid'; (43)
- aan de andere kant probeert men een soort interdisciplinaire meta-taal te ontwikkelen, bijvoorbeeld in de vorm van de systeemtheorie en cybernetica, die boven de wetenschappen uitgaat en tot een soort universele wetenschappelijke taal kan worden, maar de begrippen uit deze taal zijn, uit de aard der zaak, nog abstracter.

Dit arbitraire karakter komt voort uit de per definitie *geconstrueerde* aard van zulke begrippensystemen. (44) Doel ervan is immers een zo bevredigend mogelijke samenhang in (de kennis van) een bepaald deel van de werkelijkheid te brengen. Daarbij worden altijd bepaalde gezichtspunten als uitgangspunten gekozen, zoals bijvoorbeeld de verschillende integratieniveaus uit de ecologie in het biologiedeel van SCIS. We zijn zo gewend aan dit soort schema's, dat we gemakkelijk vergeten dat het om een *denkschema* gaat.

Zo kunnen we bijvoorbeeld de levensgemeenschap van een duinpan bestuderen, maar

- alleen door ervan uit te gaan dat de levende wezens in zo'n duinpan op allerlei manieren met elkaar in relatie staan,
  een 'gemeenschap' = relatiesysteem vormen;
- welke 'gemeenschap' even losgedacht (geabstraheerd) kan worden van het niet-levende milieu of van bijvoorbeeld 'menselijke (antropogene) factoren';

– en bovendien als aparte eenheid gezien kan worden, min of meer afgegrensd van andere eenheden.

Dit arbitrair-geconstrueerde karakter van begrippensystemen wordt nog sterker als men, in een didactische context, een inhoudelijk breder gebied op een geïntegreerde manier aan de orde probeert te stellen, zelfs als het één discipline (bijvoorbeeld de biologie) betreft, laat staan meer disciplines. Dit geldt, zoals we lieten zien voor SCIS, maar mutatis mutandis (omdat het een principieel kennistheoretische kwestie betreft) ook voor andere van zulke begrippenraamwerken voor geïntegreerd science-onderwijs.

Ze zullen dan ook maar in zeer afgeleide zin een afspiegeling kunnen vormen van één of enkele wetenschappen. 'Natuurwetenschappelijk geletterdheid' middels het verwerven van 'natuurwetenschappelijke begrippen' moet daarom op zijn minst gerelativeerd worden.

Daarbij hebben we het nog niet eens over de didactische kant van de zaak, over de vraag of jonge kinderen dergelijke begrippen wel op een zinvolle wijze kunnen verwerven.

Enkele andere begrippenraamwerken

De 'vragen en opmerkingen bij het SCIS-programma' verwezen al naar begrippenraamwerken voor 'science' in de basisschool in het algemeen.

Ter illustratie geven we hier nog enkele van zulke kaders, zonder veel commentaar.

Het eerste is te vinden in 'Teaching elementary science through investigation and colloquim' van Engel/Blackwood/Brandwein. (44)

De ordening naar niveaus is gedaan met behulp van de theorie van begripsvorming van Vygotsky. Het stadium van het conceptuele (abstracte) denken wordt volgens deze opzet pas bereikt in de adolescentie. De onderste balk bevat de basiservaringen in de basisschool, die bij de oudste en meest begaafde basisschoolkinderen kan uitlopen in de pre-conceptuele fase.

Het is (weer) opvallend dat de levende natuur een aparte plaats in het geheel krijgt, terwijl in deze opzet heel goed de plaats van levende organismen in materie- en energiekringlopen aangegeven had kunnen worden. Het schema was dan echter waarschijnlijk te ingewikkeld geworden (over 'geconstrueerd' gesproken).

Soms functioneren algemene 'conceptual schemes' vooral als aanduidingen van de verschillende 'velden' van 'science', zonder zo'n gedetailleerde en geordende uitwerking te geven

als SCIS en dat van Lansdown, c.s. Zo beschrijven Redman/Brereton/Boyers in 'An approach to primary science', (45) de basisschoolstof in de velden:

Energie	Structuur	Kans	Leven
arbeid	relaties	onzekerheid	stofwisseling
energieomzettingen	deeltjes	mogelijkheid	erfelijkheid
veld	kracht	wanorde	diversiteit
golven	evenwicht	toevalligheid	aanpassing
spiegeling, breking	chemische verandering	patroon	onderlinge afhankelijkheid
absorptie	deeltjes in beweging		
	druk		
	verandering van (aggregatie) toestand		

Weer de opmerking dat dit rijtje van 'energie-structuren-kans-leven' zeer ongelijksoortige zaken bevat en zaken naast elkaar zet die helemaal niet naast elkaar hoeven te staan. 'Structuur' en 'Leven' staan niet naast elkaar!
En wat 'chemische verandering' onder 'Structuur' doet is niet duidelijk, ook niet uit de toelichting.
Het schema van het Oxford University Institute of Education is consistenter en integreert verschillende natuurwetenschappen:

- begrip van *materie*: stoffen in allerlei vormen, met het accent op variabiliteit en patroon;
- begrip van *relaties*: levende organismen, interrelaties, onderlinge afhankelijkheid, interactie, evenwicht en energie;
- begrip van *verandering*: levende organismen, variabiliteit, aanpassing, groei en ontwikkeling, evolutie, veranderde materialen;
- ruimte en tijd – relaties.

Tenslotte het schema van STEM Elementary School Science (46). STEM staat voor 'Space, Time, Energy and Matter'. Het programma is rond deze sleutelbegrippen opgebouwd. Ter illustratie een 'vulling' van deze begrippen voor de eerste twee niveaus (klas 1 en 2 lagere school):
Op het eerste gezicht ziet dit schema er redelijk consistent uit.
Het 'levende' is hier in het geheel geïntegreerd via 'materie': verschillen tussen levende en niet-levende dingen (naar aard van de materie). Het is een poging waarvan je je moet afvra-

	Ruimte	Tijd	Energie	Materie
nivo 1	localiseren van objecten – dichtbij en ver, groot en klein – referentiepunten meten van afstand materie neemt ruimte in	ordenen van gebeurtenissen vergelijken tijdsduur gebeurtenissen meten van korte en langere tijden	bewegen van dingen: duwen en trekken spierkracht machines, als versterker van kracht bewegende en stilstaande voorwerpen	bechrijven objecten naar overenkomsten en verschillen, o.a. kleur, vorm, grootte, aantal onderdelen levende en niet-levende dingen vloeistoffen en gassen overgang van ene 'toestand' in de andere mengsels
nivo 2	begrip van standaardeenheid: ruimtelijke verhoudingen: schaal	regelmatige gebeurtenissen als maat om de tijd te meten klokken	'arbeid als wetenschappelijk begrip (= oorzaak van 'beweging') verschillende vormen van 'arbeid' en energie energie-opslag – potentiële energie – vallen – warmte – zonne-energie	planten en dieren als verschillende vormen van levende materie verschillen levend en niet-levend alle materie: – neemt ruimte in – heeft massa – heeft energie nodig om het in beweging te brengen hele kleine en hele grote dingen chemische en fysische veranderingen onder invloed van verschillende vormen en energie milieuproblemen in je eigen omgeving

Uit: STEM-Elementary Science

gen of het een verantwoorde reductie (namelijk een vorm van fysicalisme) is.
De 'milieuproblemen in je eigen omgeving' komen, als een duveltje uit een doosje, plotseling in het blok over 'materie' aan de orde, heel merkwaardig.
Deze categorieën bieden wel een aantal mogelijkheden, maar toch...

Conclusies

Buitenlandse voorbeelden leren ons dat geïntegreerde science-programma's voor de basisschool waaraan vanuit allerlei natuurwetenschappen is samengewerkt er niet in geslaagd zijn een begrippenraamwerk te ontwikkelen dat
- een brede inhoudelijke 'range' omvat ('van de straatstenen en wat daar tussen groeit tot de maan');
- intern consistent is;
- werkelijk geïntegreerd is. (47)

Het blijkt duidelijk dat zulke begrippenraamwerken een sterk geconstrueerd karakter hebben, waarbij sommige meer geslaagd lijken dan de andere.
Een eenduidig antwoord op de vraag welk begrippenraamwerk voor geïntegreerd natuuronderwijs het beste is, valt van de natuurwetenschappen niet te verwachten.
Daarbij laten we de functie van dergelijke begrippen in een leerplan nog even buiten beschouwing, evenals de manier waarop begripsvorming bij de kinderen plaatsvindt.

Deze relativering van 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' door middel van het centraal stellen van natuurwetenschappelijke begrippen betekent nog niet dat begrippen en begrippenkaders niet van belang zouden zijn, maar dat legitimering vanuit de natuurwetenschappen onvoldoende is.

4.3 Natuurwetenschappelijke houdingen

Na de uitvoerige bespreking van de 'proces'- en 'begrips'-benadering nu een korte paragraaf over natuurwetenschappelijke houdingen. Dat deze paragraaf korter is dan de vorige houdt niet in dat we houdingen minder belangrijk zouden vinden, integendeel.

Natuurwetenschappelijke houdingen komen dikwijls ter sprake, als het over 'science'-onderwijs gaat, zelfs bij de 'Founding fathers of science education' in de vorige eeuw (48) en ook bij iemand als John Dewey. (49)

Daarbij gaat het niet zozeer om attitudes tegenover de *resultaten van natuurwetenschappelijk onderzoek*, bijvoorbeeld interesse in natuurwetenschappelijke zaken, als wordt dit, als aspect van 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' ook belangrijk gevonden!
Belangstelling voor de resultaten van natuurwetenschappelijk onderzoek kan ook bevredigd worden door lezen over..., het zoeken van antwoorden in het documentatiecentrum. Bij natuurwetenschappelijke houdingen gaat het echter niet om 'weetgierigheid' op het terrein van de natuurwetenschappen in het algemeen, maar om het *zelf willen onderzoeken* (op een natuurwetenschappelijke manier) en *het willen respecteren van bepaalde spelregels bij dat onderzoek.* (50)
Om met het bekende Engelse Science 5 – 13-project te spreken (de centrale doelstelling):

Het ontwikkelen van een onderzoekende geest en een wetenschappelijke aanpak van problemen' (51).

'Onderzoekende geest' heeft betrekking op attitudes als (52):
- nieuwsgierigheid, *willen weten* hoe iets in elkaar zit, hoe het werkt, hoe een vraag beantwoord of een probleem opgelost kan worden;
- volhardendheid/vasthoudendheid, inclusief een positieve houding tegenover mislukkingen -een mislukking betekent: 'dit is niet het juiste antwoord, maar je weet nu in elk geval dat dit niet het goede antwoord is. Probeer eens een andere route om het probleem op te lossen'.
  Een bekend voorbeeld is het werk van Nobelprijs-winnaar (1908) Dr. Paul Ehrlich, die het geneesmiddel Salvarsan (tegen syfilis) vond, na 605 (!) mislukte experimenten. Maar die 605 'mislukkingen' droegen bij aan het vinden van de (606e) goede oplossing (53);
- creativiteit, fantasie in het vinden van hypothesen en manieren om die te toetsen.

Deze attitudes vormen als het ware de 'motor' van het wetenschappelijk bezig-zijn.
Het is des te merkwaardiger dat ze beschrijvingen van het 'standaardbeeld' van het 'wetenschap-doen' (zoals al vermeld: een rationele reconstructie) meestal ontbreken. Alles is daar immers *gericht op de rechtvaardiging van kennis* en wat daarbuiten valt, wordt als het ware buiten haakjes geplaatst en verwezen naar het domein van de psychologie en kennissociologie. (54)

'Een wetenschappelijke aanpak van problemen' heeft betrekking op attitudes als:

- bereidheid (natuur)-wetenschappelijke methoden te gebruiken bij het beantwoorden van vragen/het oplossen van problemen (Dewey!);
- bereidheid tot verantwoording van verworven kennis tegenover vakgenoten, tot (rationele) argumentatie;
- bescheidenheid, als kenmerk van alle ware wetenschap: hoe meer je weet, hoe beter je weet dat je maar weinig weet; elk antwoord op een vraag wordt begeleid door nieuwe vragen;
- voorzichtigheid in het trekken van algemene conclusies;
- objectiviteit en een zekere mate van scepticisme, tegenover alle dogmatisme en betweterij, ook van 'autoriteiten':

  'all ideas are arguable, including the idea that all ideas are arguable' (55);
- een kritische zin, inclusief de bereidheid tot herziening van de eigen visie in het licht van de feiten.

De kern hiervan ligt in de bereidheid de regels te respecteren die de wetenschappelijke gemeenschap heeft opgesteld voor het wetenschappelijk handelen. In de onderzoeksmethoden zijn zekeringen aangebracht tegen vooroordelen, eigenwijsheid en andere menselijke zwakheden. Dippel spreekt over het 'immanent ethos' van de natuurwetenschappen. (56)
Behalve met het oog op strikt natuurwetenschappelijk-interne zaken, worden natuurwetenschappelijke houdingen ook wel belangrijk geacht met het oog op alledaagse werkelijkheid, als 'algemeen menselijke deugden' (57). Onderwijs in natuurwetenschappen zou dus kunnen bijdragen aan de vorming van bijvoorbeeld objectiviteit-in-het-algemeen, bescheidenheid-bij-het-ventileren-van-meningen-in-het-algemeen, rationaliteit-in-het-algemeen. Hierbij moet je je wel afvragen wat hier bedoeld kan zijn met 'attitudes'. Zijn die inhoud-onafhankelijk of niet? Zijn ze onafhankelijk van een bepaalde beroepscontext of niet?
Als deze vragen bevestigend beantwoord konden worden, zouden 'natuurwetenschappelijke houdingen' meer weg hebben van een persoonlijkheids- of karaktertrek! Met alle vragen die dat oproept over de wenselijkheid en realiseerbaarheid van zulke doelstellingen.
Maar een natuurwetenschapper is, buiten zijn/haar natuurwetenschappelijk bezig-zijn, als mens

'ook moeder of vader, heeft zitting in de oudercommissie en houdt van rolmops en de boeken van professor dr. J.H. v.d. Berg.' (58)

'... zelfs wetenschappers zijn onder omstandigheden die niet direct te maken hebben met hun gewoonlijke (wetenschappelijke) veld van activiteiten en met betrekking tot hun persoonlijke voorkeuren, zo nu en dan in staat tot logische uitglijders en nep-redelijkheid.' (59)

Het gaat bij 'natuurwetenschappelijke houdingen' echter niet over kenmerken van activiteiten van natuurwetenschappers als individu (60), maar om *groepsnormen* van wederzijdse kritiek en correctie.
Als individu blijft een natuurwetenschapper, ook als natuurwetenschapper een 'gewoon' (=niet alleen rationeel) mens, die graag gelijk wil hebben (en wat je met statistiek allemaal niet kunt 'bewijzen'!?; hiermee is overigens niets onvriendelijks tegenover de statistiek bedoeld).
Het is trouwens wel opvallend dat onder totalitaire regimes, onrust en weerstand onder de bevolking vaak begint aan de universiteiten.
De remedie wordt dan dikwijls gezocht in het tijdelijk sluiten van deze instellingen.
Dit zegt uiteraard nog niets over de algemene maatschappelijke waarde van *natuur*-wetenschappelijke houdingen, misschien wel over een algemene kritische zin die onder de gemeenschap der wetenschappers relatief veel voorkomt.

Bij attitudes gaat het om het reageren op een bepaalde tendens of predispositie tot het op een bepaalde manier reageren in een bepaalde situatie. (61)
Zo kan in een schoolsituatie, bij 'onderzoek' van natuurverschijnselen ook aandacht besteed worden aan natuurwetenschappelijke houdingen zoals hiervoor omschreven. Dat geldt zeker als het leren van natuurwetenschappelijke werkwijzen ('processen') belangrijk wordt gevonden. Zonder de 'spirit' van het natuurwetenschappelijk bezig-zijn, zowel in de aanleidingen tot onderzoek als in het onderzoek zelf, ontaarden natuurwetenschappelijke werkwijzen gemakkelijk tot zielloze technieken.
'Natuurwetenschappelijke geletterdheid' als doel zonder aandacht voor deze 'spirit' lijkt ons niet goed mogelijk.

4.4 Natuurwetenschappelijke geletterdheid? Een tussenbalans

Via de notie 'natuurwetenschappelijke geletterdheid', probeert men in Angelsaksische landen invloed te krijgen op de

inhoud van het onderwijs. Het gaat om een 'natuurwetenschappelijke basisvorming', die nader gespecificeerd wordt via drie invalshoeken: (de) natuurwetenschappelijke methode(n), natuurwetenschappelijke sleutelbegrippen en natuurwetenschappelijke houdingen.
Deze drie benaderingen zouden een integrerend kader kunnen bieden voor de verschillende (natuurwetenschappelijke) vakdisciplines. In een aantal gevallen wordt zo'n invalshoek gekozen als basisprincipe voor integratie (bijvoorbeeld de 'procesbenadering').
Bij de bespreking van de invalshoek van de natuurwetenschappelijke onderzoeksmethode(n) kwam naar voren dat:

- het op z'n minst 'fragwürdig' is of er zoiets zou bestaan als een inhouds-onafhankelijke natuurwetenschappelijke methode; natuurwetenschappelijk bezig-zijn betekent altijd op (een) bepaalde wijze(n) reduceren en het gevaar dat de methode van een bepaalde discipline, met name de fysica, het geheel gaat domineren, is niet denkbeeldig; je komt er langs deze weg niet helemaal uit;
- het onderscheid tussen 'natuurwetenschappelijk' en 'alledaags' (ook kinderlijk) bezig-zijn, wellicht gerelativeerd moet worden.

Bij de bespreking van integratie via natuurwetenschappelijke sleutelbegrippen, kwam naar voren dat:

- een inhoudelijk breed en intern consistent geheel langs die weg moeilijk, zo niet onmogelijk, realiseerbaar is;
- er meer van zulke schema's van sleutelbegrippen zijn, wat erop wijst dat elke zo ontstane ordening een sterke kunstmatig, geconstrueerd karakter heeft, dat bovendien alleen al door de dynamiek van de ontwikkeling van de wetenschappen in beweging zal moeten blijven.

Bij de bespreking van 'natuurwetenschappelijke houdingen' kwam naar voren dat:

- de kritische zin, etc., de 'spirit' van wetenschappelijk onderzoek niet exclusief is voor de natuurwetenschappen;
- deze 'spirit' noodzakelijk is, wil het natuurwetenschappelijk bezig-zijn niet ontaarden tot het hanteren van technieken; het neemt daarom een sleutelpositie in.

In hoofdstuk 3 beschreven we al het per definitie reductionistische karakter van natuurwetenschappelijk bezig-zijn. Wat ontdekt wordt is een 'natuurwetenschappelijke natuur'.
Je verliest zodoende een aantal aspecten van de werkelijkheid. Dat is ook te merken bij de invloed van de natuurwetenschappen op mens en samenleving. 'Natuurwetenschappe-

lijke geletterdheid' kan pas in het juiste perspectief gezien worden, na verdere bezinning:
- op het natuurwetenschappelijk bezig-zijn in relatie tot maatschappij en cultuur;
- op de geleding van de werkelijkheid (ontologie).

Vandaar nu eerst een overzicht van de discussie over natuurwetenschap en techniek.

5. Natuurwetenschap en techniek in discussie

5.1 Inleiding: een positivistisch wereldbeeld

In het voorgaande is al enkele keren geanticipeerd op de thematiek die in deze paragraaf ter sprake komt: de kritiek op het functioneren van natuurwetenschap en techniek in onze samenleving. Dit gebeurde met name in de bespreking van het 'standaardbeeld' van de natuurwetenschappen.
Voor dat 'standaardbeeld' is typerend (zie par. 4.1 en verder):

- rationaliteit, met name in de toetsing van hypothesen en theorieën en in de theorievorming als zodanig;
- een sterke discipline binnen een gemeenschap van wetenschappers, gebaseerd op (rationele) argumenten en
- controleerbaarheid (procedurele afspraken);
- empirische gerichtheid: ideeën over de manier waarop de werkelijkheid in elkaar zit, toetsen aan de werkelijkheid; 'feiten' hebben het laatste woord;
- beperking tot wat 'hanteerbaar' is, dus reduceren, isoleren, idealiseren, dit met het opgeven van de illusie 'het geheel' te kunnen omvatten;
- een goede verklaring geeft de mogelijkheid tot het doen van voorspellingen.

Het standaardbeeld van de natuurwetenschappen is een *positivistisch wetenschapsbeeld*. (62) Dit positivistische wetenschapsbeeld is in toenemende mate onder vuur genomen. Voor een juiste beoordeling van de relatie tussen de natuurwetenschappen en natuuronderwijs in de basisschool, van 'natuurwetenschappelijke geletterdheid', is een bespreking van deze discussie onmisbaar. Alleen die zaken worden aan de orde gesteld, die in dit verband direct van betekenis zijn.

Een relativering van het positivistische wetenschapsbeeld komt allereerst *'van binnenuit'*, door ontwikkelingen in de natuurwetenschappen zelf. Verder komt deze voort uit de aandacht voor de manier waarop wetenschappelijk onder-

zoek werkelijk verloopt (wetenschapssociologie en -psychologie) en uit de bezinning op het lichamelijke bestaan van de mens en de invloed daarvan op ons wetenschappelijk kunnen: 'Das Leib-apriori der Erkenntnis', zoals Duitsers dat zo kernachtig kunnen zeggen.
Behalve deze relativeringen van de aanspraken op absolute objectiviteit van de wetenschap, worden er zwaardere aanvallen op de natuurwetenschappen, inclusief de technologie, gedaan. Deze verschillende relativeringen en aanvallen zullen hierna de revue passeren, en tevens (daarna) geëvalueerd worden: hoe steekhoudend is deze kritiek?

5.2 Relativering door ontwikkelingen in de natuurwetenschappen zelf

Uit het citaat van Heisenberg (par. 3) komt naar voren dat de gebruikte methoden van grote invloed zijn op de resultaten van het natuurwetenschappelijk onderzoek. Dat lijkt nu vanzelfsprekend, maar het is niet altijd zo geweest!
Men heeft lang het idee gehad dat het mogelijk was, de 'feiten op zich' te kennen, de positieve feiten, de 'brute feiten'. Er bestaat een objectieve wereld van feiten, los van mensen die die wereld kennen (63).
Die feiten zijn empirisch verifieerbaar en wat niet empirisch verifieerbaar is, is geen feit, bestaat niet of je kunt er niets met zekerheid over zeggen en kunt er dus beter over zwijgen. Deze opvatting van 'de feiten hebben het laatste woord' is een reactie op een tijd waarin men van tevoren (a priori) vaak al wist hoe die feiten er uit zouden zien. Zo 'wisten' de Oude Grieken bijvoorbeeld al dat er uit slijk nieuwe levenskiemen voortkwamen en dat de hemellichamen (als een aparte sfeer, met eigen wetmatigheden: het bovenmaanse, streng onderscheiden van het ondermaanse!) zich met eenparige snelheden in cirkelvormige banen om de aarde bewogen (het wereldbeeld van Ptolemaeüs) (64).
Zo 'wist' Aristoteles dat alle lichamen naar beneden vielen, omdat daar, in het centrum van de wereld hun natuurlijke rustplaats is (65).
Zo 'wist' ook iemand als Kepler (1571-1630) nog dat de planeten zich om de zon bewogen, omdat hun zielen door de ziel van de zon werden aangedreven.
Maar diezelfde Johannes Kepler schreef in 1623 over deze vroegere opvattingen van hem:

'Wanneer men in plaats van ziel *(anima)* het woord kracht *(vis)* zet, heeft men precies het principe waarop de physica des hemels... is opgebouwd.' (66)

Door de vervanging van 'ziel' door 'kracht' werd een animistische, antropomorfe (mensvormige) zienswijze vervangen door een mechanische. De natuur werd niet langer gezien als een goddelijk, bezield wezen, maar als een uurwerk (67). Dit uurwerk, een beeld van datgene dat zich steeds herhaalt en herhaalbaar is, het heelal als een geweldig mechaniek dat z'n gang gaat en waarvan de mens de feiten, dat wil zeggen de objecten en de betrekkingen daartussen, de wetmatigheden, moet trachten op te sporen, dit beeld heeft de moderne natuurwetenschap in hoge mate bepaald. De mens, de natuurwetenschapper, voegt in deze zienswijze aan die feiten niets toe, hij registreert alleen maar. Zelfs het experiment werd gezien als registratie van feiten, weliswaar afgedwongen feiten, maar toch... Kennen is daarbij kunnen voorspellen. Dit beeld van een objectieve, in zichzelf besloten wereld, die zich spiegelt in het menselijk bewustzijn, werd fundamenteel aangetast door de ontdekkingen op het gebied van de atoomfysica. Zo bleek bijvoorbeeld dat je niet tegelijkertijd de snelheid en de plaats van een deeltje binnen een atoom kunt bepalen. Het is of het één of het ander. Het hangt er maar van af wat je wilt zien, welke vraag je stelt, hoe je je apparaat instelt of welk apparaat je gebruikt. Op eenzelfde wijze kunnen lichtverschijnselen verklaard worden vanuit een deeltjes- of golftheorie (68).
Wetenschappelijke feiten, los van een mens die een bepaalde vraag stelt, bestaan niet. Dat geldt niet alleen voor de microwereld, maar ook voor de macro-wereld. Van hieruit ontstond het besef over de aard van het reduceren dat in *elk* wetenschappelijk bezig-zijn, vooral ook in het natuurwetenschappelijk bezig-zijn, ligt besloten.
Zie over dit 'methodisch bewustzijn' hoofdstuk 3.
Er zijn ook heel andere vragen aan/over de werkelijkheid om ons heen te stellen. Water bijvoorbeeld is niet alléén of in essentie H_2O, maar ook 'levensvocht' (voor wie van dorst versmacht), etc. En het vragen naar het volume, gewicht, en dergelijke van je geliefde is ook niet het eerste wat je doet (69).
De natuurwetenschap vraagt niet naar het unieke, en vindt dat dus ook niet.

'Wie het woord 'uniek' gebruikt, is onwetenschappelijk. Daarom is veel waar, wat onwetenschappelijk is.'
E. Rosenstock-Huessy (70)

De natuurwetenschap vraagt ook niet naar de zin (het 'waartoe') van de dingen en kan daarom vele en belangrijke levensvragen (existentiële vragen) van mensen niet beantwoorden, ze hoogstens verhelderen door het beantwoorden van 'voor-vragen'.

> *'Wij voelen, dat zelfs, als alle mogelijke wetenschappelijke vragen beantwoord zijn, onze levensproblemen nog helemaal niet aan de orde zijn geweest.'*
>
> L. Wittgenstein (71)

Let wel! Deze zaken worden, als het goed is, door de wetenschap niet ontkend, maar er wordt eenvoudigweg niets over gezegd, onder het motto: 'schoenmaker blijf bij je leest'.

5.3 Hoe verloopt wetenschappelijk onderzoek werkelijk?

Een tweede invalshoek waarlangs het standaardbeeld van de (natuur-)wetenschap onder vuur genomen wordt is de manier waarop wetenschappelijk onderzoek werkelijk verloopt.
Het standaardbeeld van 'wetenschap' is, zoals reeds vermeld, een rationele reconstructie. In werkelijkheid gaat het er helemaal niet zo rationeel aan toe als deze reconstructie zou doen vermoeden. Natuurwetenschappelijk onderzoek verloopt binnen groeperingen waarbinnen macht en prestige een belangrijke rol spelen. Er bestaat bijvoorbeeld in nogal wat instituten en faculteiten een wetenschappelijke 'pikorde', waarin onderscheid wordt gemaakt tussen 'hoger' en 'lager' wetenschappelijk bezig-zijn. Passmore (72) beschrijft deze hiërarchie als volgt:

- het hoogste niveau wordt gevormd door de theoretische, mathematische vakken (bijvoorbeeld de theoretische fysica), waarin alleen met super-abstracte modellen gewerkt wordt (formules als $e = mc^2$), men nauwelijks meer in aanraking komt met echte dingen; Passmore noemt dit spottend 'aristocience';
- een volgend 'niveau' wordt gevormd door wetenschappelijk onderzoek waarin gewerkt wordt met 'dingen' (let op de aanhalingstekens!) die alleen 'bestaan' en 'zich gedragen' als je ze vanuit bepaalde theoretische kaders benadert: genen, elektronen, protonen; ook deze 'dingen' hebben een sterk modelmatig karakter en vormen als het ware hulpconstructies (veronderstellingen over zaken en processen in 'de diepte') om verschijnselen (de 'opper-

vlakte') te kunnen verklaren (al wordt het via kernbommen en genetische manipulatie wel erg praktisch! K.B.);
- via allerlei 'intermediaire wetenschappen', die algemene formules en theoretische eenheden gebruiken bij het onderzoeken van meer direct waarneembare verschijnselen (geomorfologie, plantensystematiek, etc.) komen we bij
- 'natuurlijke historie'; de gedetailleerde beschrijving van verschijnselen in termen die slaan op hun 'alledaagse' eigenschappen. Dit laatste heeft nauwelijks meer wetenschappelijke status!

De grenzen tussen deze niveaus zijn niet zo scherp te trekken, het gaat om een trend die trouwens ook in het dagelijks leven te herkennen is. Voor je wetenschappelijke carrière is het beter om maar zo hoog mogelijk in deze hiërarchie bezig te zijn. Bovendien wordt de toegang tot belangrijke natuurwetenschappelijke tijdschriften beheerst door wetenschappers die zich hoog in de hiërarchie bevinden (73). Daar komt nog bij dat elk wetenschappelijk onderzoek bij het dagelijkse werk, geleid wordt door, voor deze bepaalde groep wetenschappers geldende overtuigingen, waarvan je niet al te veel moet afwijken, als je de mogelijkheid wilt houden om te publiceren, subsidie te krijgen voor onderzoek, etc. Binnen de wetenschappen functioneren allerlei sociale en psychologische mechanismen, die in de rationele reconstructie, die het 'standaardbeeld' is, niet voorkomen. Alvin Toffler typeert dit (wat overdreven) als:

'... een bloedige botsing van academische gilden, die er alle op uit zijn hun budget, hun salarisschaal en hun status te verbeteren'. (74)

Deze ontmythologisering van het wetenschappelijk bedrijf doet niet af aan de betekenis van wetenschappelijke waarden en normen, maar draagt ertoe bij deze in een realistischer licht te zien.

5.4 Lichamelijkheid en wetenschappelijk kennen en kunnen

Een derde gezichtspunt van waaruit de aanspraken op universele 'objectiviteit' van het positivistische wetenschapsbeeld ter discussie gesteld wordt, is de bezinning op het lichamelijke bestaan van de mens en de invloed daarvan op ons wetenschappelijk kennen en kunnen. Of, zoals Duitsers dat

zo kernachtig kunnen zeggen: *'Das Leib-apriori der Erkenntnis' (75).*
Op het eerste gezicht lijkt de modern-wetenschappelijke ontwikkeling zich juist in een andere richting te bewegen. Zowel in het onderzoek van het heel grote (de cosmos) als van het heel kleine, lijkt de relatie met ons concrete lichamelijke bestaan en de waarneembare wereld, steeds losser te worden.
Het gehanteerde ruimtebegrip heeft steeds minder van doen met de concrete, geleefde ruimte en hetzelfde geldt voor de tijd.
Wat kunnen we ons nog voorstellen bij lichtjaren en miljoenste seconden?
De begrippen 'voor' en 'na', 'boven' en 'onder' worden van min of meer vaste referentiepunten tot relatieve begrippen.
Het lijkt wel of mensen zich helemaal los kunnen maken van hun lichamelijke bestaan en als het ware 'van buitenaf', als lichaamloos subject, de wereld kunnen bekijken, inclusief het eigen lichaam.
Toch is dat niet zo. Het meten bijvoorbeeld, ook van heel grote of heel kleine ruimten en tijden, is uiteindelijk geworteld in een voor-kwantitatief 'zich-meten' van de lichamelijk existerende mens in relatie met de wereld; het reiken naar..., het overbruggen van afstanden, het wijzen naar.

'Wij schatten, wij meten met oog en hand, met het hele lichaam, wij meten af-'standen', tijd-'spannes', spier-'krachten' (76).

Ons 'meten' is een formalisering en idealisering van dit 'afmeten' dat ons lichaam voortdurend doet (77). Begrippen als 'verleden', 'heden' en 'toekomst' worden vaak geabstraheerd als tijdcontinuum dat bestaat uit kleine tijdatomen, bijvoorbeeld 'heden' als een oneindig klein ogenblik van de overgang van toekomst naar verleden.
Ogenblik, duidt echter niet voor niets op een concrete, lichamelijke handeling, waarvan het *licht* een empirische voorwaarde is. Het licht is voorwaarde voor alle meten, hoe oneindig snel het zich ook voortplant. De afstand van mij (= mijn lichaam) tot een ding, de ervaring van de ruimte is tegelijk een tijd-interval (dus eindig). Bij alle instrumenten die we gebruiken blijft de gewone zintuiglijke kennis en de gewone ruimte en tijd referentiepunt.

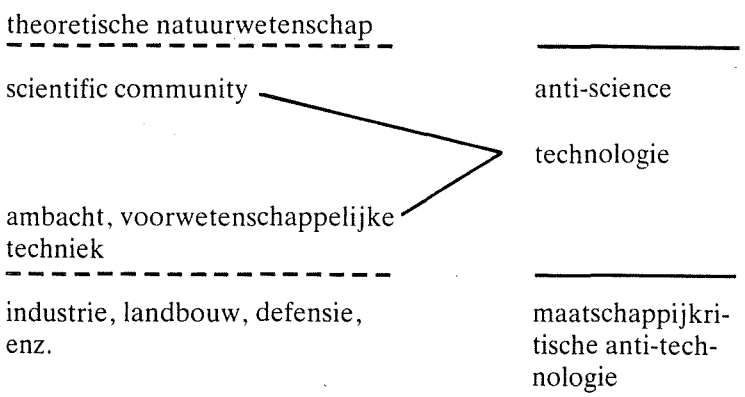
5.5 De waarde van natuurwetenschap en technologie

De tot dusverre weergegeven discussie bleef als het ware nog dicht bij de wetenschap zelf, relativeerde de aanspraken op absolute objectiviteit.
Er worden echter ook zwaardere aanvallen op de natuurwetenschappen gedaan, die, pedagogisch gezien, nog belangrijker zijn.

Het gaat hierbij om *de waarde van de natuurwetenschap als zodanig, samen met de technologie.*
De waardering van de natuurwetenschappen is bepalend voor de plaats die men deze wil geven in het onderwijs, wat blijkt uit de opmerkingen over het onderwijs zoals die vanuit de verschillende 'kampen' gemaakt worden. De kritiek op de natuurwetenschap en technologie heeft betrekking op zeer ongelijksoortige zaken.
Allereerst is daar de kritiek op *de functie van natuurwetenschap en technologie in de samenleving: de maatschappijkritische (politieke) wetenschapskritiek.*
Sommigen vinden dat het kwaad nog dieper reikt en hebben kritiek op *de denkwijzen van natuurwetenschap en technologie als zodanig: de cultuurkritische ('zachte') wetenschapskritiek (78).*

In deze kritiek worden natuurwetenschap en technologie meestal in één adem genoemd.
Historisch gezien hebben natuurwetenschap en techniek verschillende wortels (79). De techniek was het werk van de praktici, de mensen, die door 'trial en error' in de loop van de geschiedenis een grote 'know how' hadden opgebouwd. De technische kennis en vaardigheden zijn gericht op *toepassing*, door de ambachtsman, de industrieel of de boer. Deze kennis was wel kennis van de natuur, van de geaardheid van dingen, materialen en krachten en hoe die dan benut konden worden.
De natuurwetenschappen hebben zich eeuwenlang min of meer onafhankelijk van de techniek ontwikkeld (zij het dan dat de wetenschapper de technicus nodig had om zijn instrumenten te maken, of soms zelf een bekwaam ambachtsman, bijvoorbeeld lenzenslijper was – Chr. Huygens!).
De activiteiten van de natuurwetenschappers waren gericht op het vinden van algemene verklaringen. Op een bepaald moment (en dat ligt voor verschillende gebieden verschillend) in de geschiedenis komen de theoretische/natuurwetenschappelijke lijn en de praktische/technische lijn samen in

wetenschappelijke techniek of technische wetenschap: *technologie*.



De wortels van de technologie en de kritiek erop

Technologie is wetenschap, getrouwd met industrie (industriële technologieën), defensie (militaire technologie), landbouw (landbouwwetenschap), gezondheidszorg (medische technologie), etc.

De doelstelling van de technologie is een andere dan die van de (oorspronkelijke) wetenschap, namelijk *nut, in plaats van waarheid*.
Dit beïnvloedt het hele wetenschapsbedrijf (het woord 'bedrijf' is hier volop van toepassing: 'de industrialisatie van de wetenschap').
Dit beïnvloedt ook de produkten van de technologie, in vergelijking met de uitvindingen van de praktici:
- de elektronische synthesizer in plaats van de viool;
- het kwartshorloge in plaats van het raderuurwerk;
- gebruik van kunstmest in plaats van bemesting met stalmest.

De werking van de produkten van de technologie is bovendien meestal veel onduidelijker waar te nemen dan bij de produkten van de techniek.
Ze hebben meer het karakter van 'black box': een apparaat waar kabels ingaan en dat je op een bepaalde wijze moet bedienen en waarvan je geen idee hebt wat er zich binnenin afspeelt. Je kunt er gewoonlijk als 'normaal mens' ook niet of niet makkelijk bijkomen.

Politiek maatschappelijke kritiek op de technologie

Deze technologie wordt bekritiseerd vanuit politiek maatschappelijke opvattingen.
Allereerst, voornamelijk vanuit het orthodoxe marxisme, worden de natuurwetenschap en technologie gezien als een neutraal middel (80). Het is een groot goed, dat mensen kan bevrijden van zorg voor het dagelijks voedsel, onderkomen, kleding en van waaruit, op basis van deze materiële bestaansvoorwaarden, ook 'hogere' behoeften kunnen worden bevredigd: de behoefte aan schoonheid, aan inzicht, etc.

Het probleem is nu dat dit middel voor verkeerde doelen en groepen wordt aangewend:
- ten behoeve van de machthebbers, c.q. maatschappelijke bovenlagen: in Engeland wordt bijvoorbeeld in het wetenschappelijk onderzoek veel meer geld uitgetrokken voor onderzoek naar hartinfarcten dan naar typische arbeidsziekten (silicose, asbest, etc.); middle-class-mensen hebben met de laatste ziekten nauwelijks te maken!
  Op wereldschaal geldt hetzelfde voor de relatie tussen rijke en arme landen;
- ten behoeve van de verkeerde sector van de maatschappij, bijvoorbeeld wapenproduktie;
- ten behoeve van verkeerde doelen, meer welvaart ten koste van welzijn; alles is gericht op groei.

Natuurwetenschap heeft zich ontwikkeld van een bevrijdings- tot een onderdrukkingsinstrument, ten dientste van de heersende klasse.
Naar analogie van de beheersing van de natuur worden ook sociale technologieën ontwikkeld en ingezet. De slechte kanten van de technologie komen voort uit de verhoudingen in een kapitalistische maatschappij. Hier komt de vraag op of in reëel bestaande socialistische maatschappijen de kwalijke kanten van de technologie per definitie verdwenen zijn of zullen verdwijnen. Dat is nog maar de vraag (81). Het orthodoxe marxisme heeft de technologie nog niet diep genoeg gepeild. Neo-marxisten als Habermas zijn verder gegaan en hebben laten zien dat het niet alleen gaat om het verkeerde gebruik van een overigens goed middel, maar dat de technologische ontwikkeling zelf is doorgeslagen (82).
De beheersing van de natuur en de menselijke driften, die op zichzelf redelijk waren in een tijd van gebrek, zijn uitgestegen boven het noodzakelijke niveau en tot *over*-heersing geworden. Produktie wordt overproduktie, consumptie wordt overdaad.
Repressie van mensen wordt mens-onwaardige-surplus-re-

pressie, redelijke beheersing van de natuur wordt een onredelijke aanslag op de natuurlijke omgeving. Het 'technologische' gaat langzamerhand de hele maatschappij overheersen. De middelen gaan de doelen voorschrijven – wat kan, dat moet!
Politieke en ethische discussies worden als 'vaag gezwam' terzijde geschoven en vervangen door zakelijke, technische oplossingen van de problemen. Het wordt een zaak van 'experts'.
Technologie is *technocratie* geworden.
Hier tegenover stelt Habermas de kritische norm van de 'heerschappij-vrije communicatie' tussen mensen.
Alleen in een maatschappij waarin deze kritische norm werkzaam wordt en waarin de ene mens de ander niet meer overheerst, kan de techniek weer zijn juiste plaats krijgen. Maatschappij-hervorming is een voorwaarde voor technologie-beheersing, de mensen moeten weer wat te zeggen krijgen over de technologische ontwikkelingen (83). Habermas geeft een richting aan, zonder dit maatschappijbeeld verder uit te werken.

Cultuurkritische benadering van 'science' en technologie

Voor de critici van de technologie uit de 'zachte' hoek gaat dit nog lang niet ver genoeg. Het gaat niet om maatschappijkritiek, een juiste hantering van een op zichzelf gezien goed middel, nee, de 'geest van de techniek' deugt niet. Het begint al bij de kille, objectieve, afstandelijke wijze van omgaan met de natuur door de natuurwetenschap. Het reductionistische karakter van de natuurwetenschap als zodanig is de bron van het kwaad. De welsprekendste woordvoerder van deze stroming, Theodore Roszak, spreekt over 'de mythe van het objectieve bewustzijn' (84).

Hij bedoelt hiermee:

> *'de enige weg tot de werkelijkheid is het activeren van een bewustzijnsbestand die gezuiverd is van iedere subjectieve vertekening, elke persoonlijke betrokkenheid'.*

De psychische stijl, die voortkomt uit het intensief cultiveren van het objectieve bewustzijn, heeft als kenmerken:

- *de vervreemdende tweedeling*
  tussen *binnen- en buitenwereld.* Het kennend subject staat *tegenover* de dingen die bestudeerd worden, gevoelens worden zoveel mogelijk weggeduwd.
  Als *hulpmiddelen* daarbij worden gebruikt:
  - mechanische hulpmiddelen tussen de waarnemer en het waargenomene;

- een koel jargon, technische termen;
- speciaal daarvoor uitgevonden technologieën;
- statistische generalisatie.

Het lichaam, het gevoel, moreel besef, zintuiglijke verrukking behoren allemaal tot de te bestuderen 'buitenwereld';

– *een kwaadaardige hiërarchie:*
de waarnemer heeft een hogere status dan het waargenomene. De binnenwereld is superieur aan de buitenwereld. De natuur is een 'het' geworden en niet meer, zoals voor de primitieven een 'gij' (85).
De natuurwetenschapper heeft schoonheidservaringen als alles 'op zijn plaats staat' en hij de orde der dingen waarneemt.

'De natuur van de wetenschapper wordt 'mooi' als hij is opgeruimd en van etiketten is voorzien' (86).

Alles ligt klaar om door de natuurwetenschapper al denkende op orde gebracht te worden. Roszak noemt dat 'cerebraal antropocentrisme'. De dingen hebben geen betekenis in zichzelf, maar krijgen dat pas door onderzoek.

Het doorslaan van de technische beheersing van de natuur ligt in het verlengde van deze 'denkwijze':

'Zo moet ook de natuurlijke omgeving worden veroverd en onderworpen aan hardhandige verbeteringen. Het klimaat en het landschap moeten opnieuw worden ontworpen. Braakland moet leefbaar gemaakt worden, dat komt neer op bedekt te worden door een nieuwe stadswijk waarin niets binnen zal dringen dat niet door mensen is gemaakt of gearrangeerd.'
'Is er nog iets dat wij niet beter kunnen doen? Hebben wij het Panamakanaal niet gegraven? Waarom de Grand Canyon dan niet?' (87);

– *de mechanistische imperatief*
De machine wordt norm, ook voor de mens (88).
Over de invloed van deze beschouwingswijze op de menselijke geest heeft Darwin, toen hij 72 jaar was op de volgende wijze getuigenis afgelegd:
'Toen ik 30 was of nog wat ouder', schreef Charles Darwin in zijn autobiografie, *'verschafte poëzie in vele vormen mij genoegen, en zelfs als schooljongen genoot ik intens van Shakespeare, vooral van de historische stukken. Ik heb ook*

gezegd dat ik vroeger in schilderijen veel en in muziek zeer veel genoegen vond. Maar nu, al vele jaren lang, kan ik geen regel poëzie meer lezen: onlangs heb ik geprobeerd Shakespeare te lezen en vond het zo onuitstaanbaar saai dat ik er onpasselijk van werd. Ik heb ook helemaal geen zin meer in schilderijen of muziek... Mijn geest schijnt een soort machine te zijn geworden voor het stampen van algemene wetten uit grote verzamelingen feiten, maar waarom dit alleen dat gedeelte van de hersenen geatrofieerd heeft, waarop de hogere smaak berust, kan ik niet verklaren... Het verlies van deze smaak is een verlies aan geluk en is mogelijk schadelijk voor het intellect, en nog waarschijnlijker, voor het morele karakter, doordat het emotionele deel van onze natuur verzwakt.' (89).

In minder extreme vorm hebben we hier allemaal mee te maken, omdat we in een cultuurklimaat leven waarvan deze beschouwingswijze een belangrijk aspect is.

Han Fortmann vermeldt het begin van een verhaal van Indianen uit Columbia dat zo begint: 'Een jongen en een meisje gingen het bos in, begonnen te vasten, zodat zij weldra de talen der uilen konden verstaan.' Hij vervolgt dan: *'Als jongens en meisjes vandaag met de N.J.N. (Nederlandse Jeugdbond voor Natuurstudie) het bos intrekken om bijvoorbeeld het leven der uilen te bestuderen, behoeven zij niet eerst te vasten. En de uil mag dan nog altijd wegens zijn grote staarogen en geruisloze vleugels voor sommige dichterlijke naturen iets geheimzinnings hebben, hij is niettemin maar een uil en niets meer dan dat, een machtig interessant dier. Maar een object van studie. Let wel: een object, dat kan worden bestudeerd, betrapt op zijn leefwijzen, gerubriceerd en gefotografeerd.*
Hij 'verwijst' niet meer, zoals voor de Indiaan, naar een andere, even reële maar onzichtbare en niet louter natuurlijke wereld'.
... 'Onze wereld daarentegen is neutraal: veld van onderzoek. Zij prikkelt tot nieuwsgierigheid, niet meer tot schuw ontzag. Zij is daardoor kwalitatief een andere geworden. De maan is niets meer dan zichzelf, een landschap van kalk en kraters.
De buitenwereld is niet meer geladen van een 'andere' werkelijkheid. Zij is een reeks van 'feiten'. En feiten zijn er om te worden nagespeurd op hun wetmatigheid'. (90)

De ontwikkeling van natuurwetenschap en techniek en van de cultuur in het algemeen heeft ertoe geleid dat wij, als moderne Westerlingen, de dingen om ons heen niet meer zo

kunnen waarnemen als de primitieve mens ('primitief' betekent hier niets negatiefs, het is puur beschrijvend bedoeld!) (91). In de loop der eeuwen heeft zich een langzame en fundamentele wijziging voorgedaan in de waardenoriëntatie van de Westerse mens met betrekking tot de hem omringende wereld (92), waarbij met name het *nut* van de dingen (en an-

Wat er gebeurt met de aarde,
gebeurt met de kinderen van de aarde.
Als een man op de grond spuwt,
spuwt hij op zichzelf.
Dit weten wij:
de aarde behoort niet aan de mens.
De mens behoort aan de aarde.
Dit weten wij:
Alles hangt samen als het bloed dat
een familie verbindt.
Alles hangt met alles samen.

Wat er gebeurt met de aarde, gebeurt
met de kinderen van de aarde.

De mens heeft het web van
het leven niet geweven.
Hij is slechts één draad ervan.
Wat hij met het web doet
doet hij met zichzelf.
Nee, dag en nacht kunnen
niet samengaan.

Wat is de mens zonder dieren?
Als alle dieren weg zijn, zal de
mens sterven aan een gevoel
van grote eenzaamheid.
Want wat er gebeurt met de dieren,
gebeurt
spoedig met de mens.
Alle dingen hangen samen.

Wat er met de aarde gebeurt,
gebeurt met de kinderen van de
aarde.

Uit: Hoe kun je de lucht bezitten? Uitg.: Actie Strohalm

dere mensen) centraal kwam te staan en de eenheid van ons eigen bestaan met de wereld ('participation mystique') en de eenheid van de wereld als zodanig niet meer zo beleefd kan worden, met uitzondering van bepaalde momenten die we dan beleven als 'top-ervaringen'.
Vergelijk dit bijvoorbeeld eens met het volgende getuigenis uit een Noordamerikaanse Indiaanse cultuur (93).

Westerse beschaving, natuurwetenschap en onderwijs: de kritiek van E.F. Schumacher

De alternatieve econoom Schumacher, auteur van het bekende boek 'Hou het klein, een economische studie waarbij de mens weer meetelt', wijdt in dit boek kritische beschouwingen aan de inhoud van het onderwijs, die in dit verband belangrijk zijn (94).
We zullen zijn visie zo beknopt mogelijk weergeven, onder andere in de vorm van een kleine selectie van citaten.
Schumacher constateert dat de Westerse beschaving in een permanente crisissituatie verkeert. Deze uit zich, bijvoorbeeld in milieuvervuiling, verspilling van grondstoffen, crisis van het economische systeem.
Tegelijkertijd stelt hij vast dat geen enkele beschaving ooit zoveel middelen heeft besteed aan georganiseerd onderwijs. Is er een relatie tussen dit onderwijs en de cultuurcrisis? (95)
Is er iets mis met het onderwijs? De reactie op de cultuurcrisis is ook typerend:

> *'Als het atoomtijdperk nieuwe gevaren meebrengt, als de vooruitgang van de genetische wetenschap de deuren openzet voor nieuwe misbruiken, als het commercialisme nieuwe verleidingen schept, dan moet het antwoord zijn: meer en beter onderwijs.*
> *Het moderne levenspatroon wordt steeds ingewikkelder: dat betekent dat iedereen beter onderlegd moet zijn. Onlangs werd opgemerkt dat het 'wenselijk' is dat in 1984 ook de doodgewone mensen geen moeite meer hebben met het hanteren van een logaritmentafel, de elementaire beginselen van de differentiaal-rekening en met de definities van woorden als elektron, coulomb en volt.*
> *Hij moet dan verder ook in staat zijn niet alleen met pen, potlood en lineaal om te gaan, maar ook met een geluidsband, een radiobuis en een transistor. De verbetering van de communicatie tussen individuen en groepen hangt ervan af. Het blijkt dat de internationale situatie voor alles om geweldige onderwijsinspanningen vraagt.' (96)*

Schumacher grijpt dan terug op de bekende lezing van C.P. Snow over 'De twee culturen en de natuurwetenschappelijke

revolutie'. (97) Snow spreekt zijn zorg uit over de splitsing in onze samenleving tussen de 'literaire intellectuelen' ('alpha-mensen' of humanisten') en de beoefenaars van de natuurwetenschappen ('bêta-mensen').

Tussen de groepen bestaat een kloof van 'wederzijds onbegrip', die overbrugd moet worden, vooral ook door het onderwijs in de natuurwetenschappen sterk te stimuleren, vooral ook voor de 'gewone man' en de bestuurders. 'Natuurwetenschappelijke geletterdheid' dus (weer).

'Deze ideeën over onderwijs, die in de verste verte niet onrepresentatief zijn voor onze tijd, geven je het onprettige gevoel dat gewone mensen, met inbegrip van politici, bestuurders, enz., eigenlijk niet veel betekenen, zij zijn de laatsten van de klas gebleven: maar ze moeten dan tenminste genoeg onderwezen zijn om een idee te hebben van wat er aan de hand is en om te weten wat de natuurwetenschappers bedoelen als ze, om het voorbeeld van Lord Snow aan te halen – het hebben over de tweede wet van de thermodynamica.

Het is een onprettig gevoel omdat de natuurwetenschappers het nooit moe worden ons te vertellen dat de vruchten van hun inspanningen 'neutraal' zijn: of zij de mensheid verrijken of vernietigen hangt af van het gebruik. En wie maakt uit hoe ze worden gebruikt? De opleiding van wiskundigen en ingenieurs bevat niets dat hen in staat zou kunnen stellen om zulke besluiten te nemen, en wat zou er dan van de neutraliteit van de wetenschap terecht komen?

Als men tegenwoordig zoveel vertrouwen heeft in de macht van de wetenschap om gewone mensen in staat te stellen de problemen de baas te worden, die door de wetenschappelijke en technologische vooruitgang worden opgeworpen, dan moet het onderwijs toch wel iets meer betekenen dan Lord Snow wil doen voorkomen.

De wetenschap en de techniek leveren 'know-how', maar 'know-how' op zichzelf betekent niets, het is een middel zonder doel, zuiver een mogelijkheid, een onvoltooide zin.

'Know-how' is evenmin cultuur als een piano muziek is. Kan het onderwijs ons helpen om de zin af te maken, om de mogelijkheid in een werkelijkheid te veranderen tot welzijn van de mensheid?

Om dit te verwezenlijken zou de allereerste taak van het onderwijs moeten zijn het doorgeven van waardevolle ideeën, en van wat wij met ons leven moeten aanvangen. Natuurlijk is er ook behoefte aan het doorgeven van 'know-how',

maar dit moet op de tweede plaats komen, want het is klaarblijkelijk ietwat gewaagd, grote macht te leggen in de handen van mensen zonder zich er van te vergewissen dat zij een redelijk begrip hebben van wat zij er mee moeten doen. Op het ogenblik kan er weinig twijfel over bestaan dat de hele mensheid in dodelijk gevaar verkeert, niet omdat er een tekort is aan wetenschappelijke en technische 'know-how', maar omdat wij de neiging hebben het voor onze vernietiging te gebruiken, men zou kunnen zeggen zonder wijsheid. Meer onderwijs kan ons alleen maar helpen als het meer wijsheid voortbrengt.' (98)

Misschien moet er in het onderwijs juist meer nadruk gelegd worden op literatuur en andere cultuurgebieden die zich met 'waarden' bezighouden.
Schumacher verzet zich tegen wat hij noemt 'de erfenis van de 19e eeuw'.
Behalve op de al genoemde manieren vond het reductionisme ook plaats doordat alle onderscheid tussen verschillende niveaus waarop dingen bestaan werd uitgewist: het menselijke werd herleid (gereduceerd) tot het dierlijke, het levende tot het fysisch-chemische (het levenloze), het geestlijk-culturele tot het materiële, het menselijk handelen tot innerlijke driften.
Schumacher ontkent niet dat er invloeden zijn van bijvoorbeeld de materiële levensomstandigheden op culturele uitingen van de mens, of van fysisch-chemische mechanismen op levensprocessen, maar hij protesteert tegen reductie tot 'het laagst mogelijke niveau': de mens is 'slechts' een dier, leven is 'niets anders' dan ingewikkelde fysisch-chemische processen.
De erfenis van deze denkwijze uit de 19e eeuw werkt zijns inziens nog sterk door. Als je bijvoorbeeld naar de biologie kijkt, lijkt het dat het daar meer over moleculen gaat dan over levende organismen!
Schumacher protesteert tegen de neiging alle wetenschappen te modelleren naar het voorbeeld van de natuurkunde, met zijn extreme reductionisme.
Over deze problemen, die betrekking hebben op de manier waarop de werkelijkheid om ons heen is opgebouwd, wordt in het derde katern teruggekomen.
Volgens Schumacher is de roep om 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' (en iemand die niets weet over de tweede hoofdwet van de thermodynamica is volgens Snow analfabeet) feitelijk een poging om de overheersing van de natuurwetenschappelijke-reductionistische ('scientistische') benadering van de dingen te bevestigen (99).

'Lord Snow vertelt ons dat, wanneer erudiete lieden het analfabetisme van beoefenaars van de natuurwetenschappen betreuren, hij soms vraagt, hoeveel van deze mensen de tweede wet van de thermodynamica kunnen omschrijven. De reactie, zo bericht hij, is meestal koel en negatief. 'En toch', zegt hij, 'vroeg ik dan iets wat ongeveer het wetenschappelijk equivalent is van: 'Hebt u een werk van Shakespeare gelezen?' Zo'n verklaring zet de hele basis van onze beschaving op losse schroeven. Waar het op aan komt is de gereedschapskist met ideeën, waarmee, waardoor en door middel waarvan wij de wereld ervaren en interpreteren. De tweede wet van de thermodynamica is alleen maar een werkhypothese, geschikt voor verschillende soorten wetenschappelijk onderzoek. Aan de andere kant staat een werk van Shakespeare dat wemelt van de meest vitale ideeën over de innerlijke *ontwikkeling van de mens en waarin de hele grootheid en ellende van het menselijk bestaan tot uitdrukking komen. Hoe zouden deze twee dingen gelijkwaardig kunnen zijn? Wat mis ik, als menselijk wezen wanneer ik nooit van de tweede wet van de thermodynamica heb gehoord? Het antwoord is: niets. En wat mis ik, als ik Shakespeare niet ken? Tenzij ik mijn kennis heb uit andere bronnen, mis ik gewoon mijn leven. Moeten wij onze kinderen vertellen dat het ene even goed is als het andere: hier een brokje kennis van natuurkunde en daar een brokje kennis van literatuur? Als wij dit doen zullen de zonden van de vaderen worden gewroken op de kinderen tot in het derde en vierde geslacht, want dat is de tijd die verloopt tussen de geboorte van een idee en de volle wasdom ervan, wanneer het de geesten vervult van een nieuwe generatie die* door *dit idee aan het denken wordt gezet.*

De natuurwetenschap kan geen ideeën produceren waarvan wij kunnen leven. Zelfs de grootste ideeën van de natuurwetenschap zijn niets meer dan werkhypothesen, nuttig voor doeleinden van speciaal onderzoek maar volkomen ontoepasbaar op de manier waarop wij ons leven inrichten of de interpretatie van de wereld' (100).

De centrale vraag is hoe we een zinvol leven kunnen leven.
De natuurwetenschappen zijn hun grenzen te buiten gegaan en hebben hun denkwijze verabsoluteerd of tenminste uitspraken gedaan over de plaats van de mens in de werkelijkheid die niet natuurwetenschappelijk, maar metafysisch van aard zijn, bijvoorbeeld dat het hele universum eenvoudigweg 'het resultaat is van een toevallige rangschikking van atomen en...

Slechts op de vaste grondslag van onverzettelijke wanhoop kan de woning van de ziel voortaan veilig worden gebouwd' (B. Russell) (101).
We weten wel *hoe* we veel dingen moeten doen, maar niet *wat* we moeten doen.
In het onderwijs moeten we volgens Schumacher, niet zozeer leren hoe we dingen moeten doen, maar *wat* we moeten doen.

Schumacher pleit dus voor wijsheid, als kader voor natuurwetenschap en techniek. Er bestaat zijns inziens niet zozeer een achterstand op het terrein van inzicht in natuurwetenschap en techniek, maar juist op de terreinen van de menswetenschappen en ethiek. Hierbij past het vaak gebruikte beeld van de moderne Westerse mens als een aap achter het stuur van een Rolls Royce (102). Deze 'menselijke kloof' lijkt alleen nog maar groter te worden (103).
Citaten uit: Hou het klein, E.F. Schumacher, Uitg. Amboboeken, Baarn.

Evaluatie van de kritiek

Wat moet je met zulke kritiek? Is hiermee de doelstelling 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' volstrekt van de tafel geveegd?
We willen beginnen met de kritiek serieus te nemen. Er zit veel waars in het protest tegen een eenzijdige technologisering en rationalisering, om over het directe misbruik van natuurwetenschap en techniek (verspilling van grondstoffen en energie, milieuvervuiling, bewapening, etc.) nog maar niet te spreken. Dit hoeft echter nog niet in te houden dat alle argumenten van technologie-critici even steekhoudend zijn! Puntsgewijs worden enkele van deze argumenten kort besproken.

Werkt technisch-wetenschappelijke taal vervreemdend?

Technisch-wetenschappelijke taal, jargon, zou vervreemdend werken, de relatie tot de verschijnselen verstoren. Niemand minder dan Martin Wagenschein, de bekende natuurwetenschapspedagoog, heeft het gevaar dat het onderwijs in de natuurwetenschappen in dit opzicht bedreigt onderkend en opgeroepen: 'redt de verschijnselen' (104). Hij noemt als voorbeelden het beeld van de materie als een verzameling bewegende kogeltjes, een versimpeld beeld waarvan de meeste mensen nooit meer loskomen; 'warmte is niets anders dan sneller bewegende deeltjes'; 'kleur is niets anders dan een bepaalde golflengte van het licht', 'muziek is niets anders dan trillende lucht'.
Wie wel eens een excursie met volwassenen geleid heeft, ge-

richt op het goed kijken naar knoppen van bomen in de winter, waarbij de deelnemers zelf moeten beschrijven wat ze zien, heeft waarschijnlijk ontdekt hoeveel moeite de mensen doen om 'de juiste termen', die ze vroeger op school 'geleerd' hebben uit hun geheugen op te diepen! Terwijl ze in dit geval heel goed zelf woorden zouden kunnen vinden voor wat ze zien! De onbevangenheid tegenover de verschijnselen is zoek.
Deze vervreemdende werking kan trouwens ook een gevolg zijn van het wetenschappelijk willen lijken (de pseudo-wetenschappelijkheid van lieden die moeilijke, bijvoorbeeld Latijnse, woorden gebruiken, waar er goede Nederlandse woorden voor iets bestaan) of van het taalgebruik van de deskundige die wil laten merken hoe deskundig hij wel is of zich niet meer bewust is van het feit dat hij jargon gebruikt (105).
Maar toch... werkt vaktaal niet altijd vervreemdend. Door vaktermen te gebruiken kunnen we soms meer zien, meer nuances zien, bijvoorbeeld de schaal van Beaufort voor de windsterkte. Door vaktaal te hanteren kunnen we ook verwante structuren ontdekken, bijvoorbeeld onderdelen van bloemen, gedaanteverwisseling, aanpassing van organismen aan hun milieu. Dit bezwaar tegen 'science' geldt alleen als we op een bepaalde manier met technische termen omgaan, met name ook als we geen oog hebben voor de opbouw van dergelijke begrippen vanuit de ervaring met de dingen en de omgangstaal (106).

Gaat de verbeelding kapot?

Gaat de verbeelding kapot?

Het natuurwetenschappelijk onderzoek wordt door critici beschreven als het bekijken van de dingen met een 'koude blik', gericht op een empirische feitelijkheid, die ten koste gaat van de verbeelding. De 'onttovering' van de wereld leidt tot een ééndimensionale, 'platte' werkelijkheid.
Hier kan tegenover gesteld worden dat in wetenschappelijk werk de creatieve verbeelding een essentiële rol speelt.
De kritiek op dit aspect van het natuurwetenschappelijk bezig-zijn slaat niet op de natuurwetenschap als zodanig, maar op het routinematige puur-technische uitvoeren van handelingen, dus op slechte natuurwetenschap (107). De natuurwetenschap staat wel tegenover de ongebreidelde fantasie, maar 'de werkelijkheid is veel fantastischer dan wij ooit zouden kunnen bedenken' (De Froe, in een TV-programma).
Dezelfde waarneming kan zowel leiden tot wetenschap als tot kunst. Daarover een fragment uit een interview met Dr. L. v.d. Hammen (Grabbelton, p. 5.25).

In de waarneming speelt het gevoelsaspect een belangrijke rol; je vindt iets aangenaam, mooi of lelijk. In de beschrijvingen is dit gevoelsaspect vaak verdisconteerd. Als je je dat later bewust wordt. als je onderscheid leert maken tussen waarnemen en de gevoelens die daarmee samenhangen, zou je ook je gevoelsleven veel bewuster kunnen ontwikkelen. Kinderen realiseren zich niet dat, als je een konijn op schoot hebt en het aait, tastgewaarwordingen omgezet worden in een vorm van dierenliefde. Het zou kunnen zijn dat iemand, die zich dàt soort zaken bewust maakt, dingen minder door elkaar haalt. Het is een belangrijke stap in de ontwikkeling, als je dit onderscheid kunt maken.

Het is merkwaardig dat je esthetische gevoelens alleen hebt bij horen en zien. Gewaarwordingen van andere zintuigen kunnen alleen op een esthetisch vlak komen als ze literair verwerkt worden. Deze andere zintuigen worden wel "hogere zintuigen" genoemd en zij geven meer algemeen aangename of onaangename indrukken. Ook dit zou bewust gemaakt kunnen worden.
In verband met dit gevoelsaspect is het belangrijk dat de kinderen, als ze met voor hen relatief nieuwe verschijnselen geconfronteerd worden, eerst vrij kunnen waarnemen en experimenteren. Het leren van een "programma" voor het waarnemen kan daarbij dan aansluiten.

Dit bewust maken zou gemakkelijk moeten kunnen aansluiten op het teken- en muziekonderwijs. Johannes Itten, een kunstenaar, vooral bekend uit de periode tussen de twee wereldoorlogen, leerde zijn leerlingen dat zij voorwerpen niet alleen moesten tekenen, maar hij liet ze de dingen ook voelen en liet ze collages maken van allerlei oppervlakte-structuren.
Met geluid is het net zo. Je zou kinderen, als je er vroeg mee begon, even gemakkelijk muziek kunnen leren lezen en schrijven als letters.
Schumann gaf jonge musici de raadgeving dat ze moesten proberen de tonen van de kerkklok op te schrijven.

Uit de volgende gedichten van Ida Gerhardt (108) komt onzes inziens goed naar voren hoe nauwkeurig zij waargenomen heeft, in het eerste gedicht bodemprofielen, in het tweede het leven en de structuur van weekdieren.

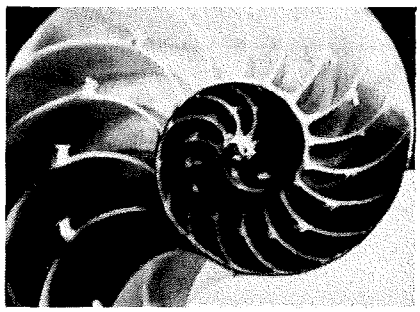
HET ERFGOED

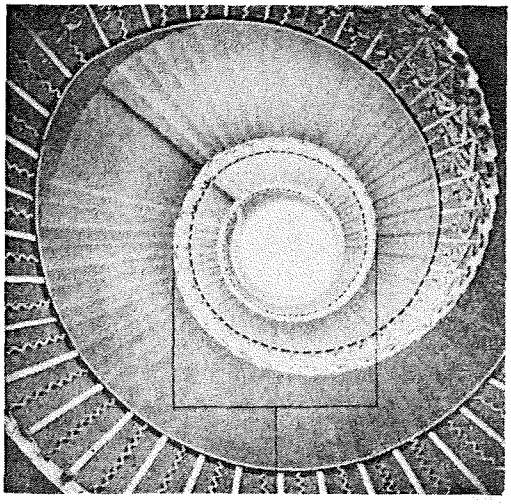
Vooroudertrots: goed ingeklonken land.
Ik heb een aard die ingeklonken is
en uitverweerd. Waarin gezonken is
tot zware grond een laag van tegenstand.

IN DEN BEGINNE

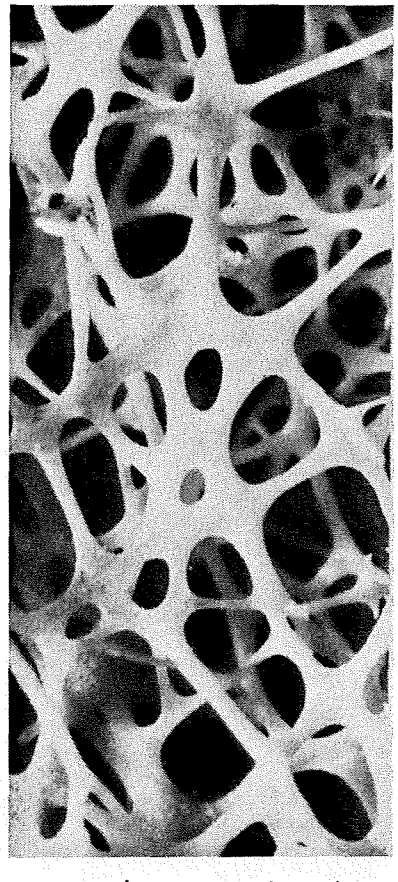
Ik zet mijn verzen als een schelpdier aan
in diepten waar geen sterveling mij kent,
ik adem in en uit, en zij ontstaan
uit stille kernen, in het element
dat was van den beginne. Altijd blijft
het grote stromen in mij overgaan.
Ik ben alleen. Een maatgang schrijft en schrijft
ademende zet ik de mantelen aan.

Goed waarnemen en een persoonlijke ('associatieve') verwerking van 'zakelijke' gegevens sluiten elkaar niet uit. Dat geldt ook voor de beeldende kunst (100).

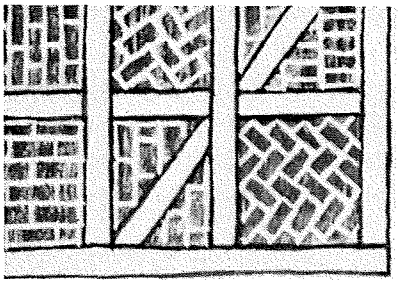




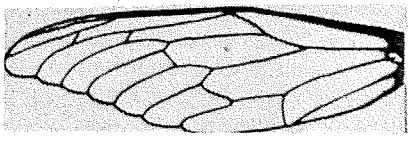
Nautilus-slak (boven) en wenteltrap (onder)



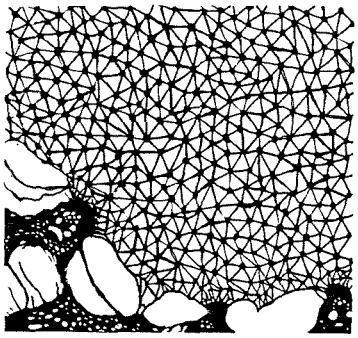
interne structuur van een bot



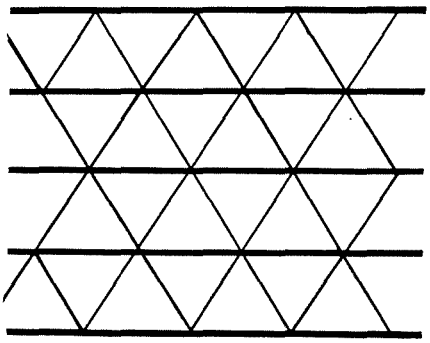
vakwerk - muur



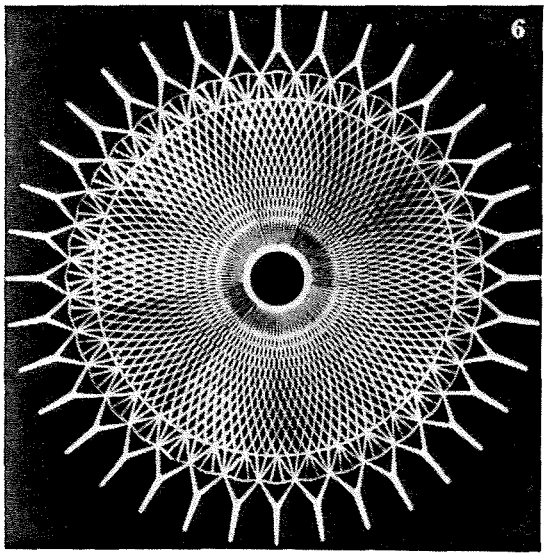
libelle - vleugel



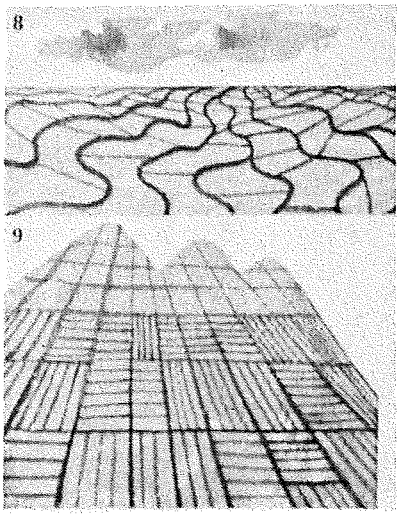
doorsnede stengel van een rus



dak - structuur



zomaar een mooi patroon



landschapspatronen

Eenzelfde redenering kan opgezet worden voor de *verwondering*. Geven de dingen minder aanleiding tot verwondering, als je er kennend en onderzoekend verder in doordringt?
Hoe meer je weet, hoe beter je weet dat je nog maar weinig weet. Elke beantwoorde vraag gaat vergezeld van nieuwe vragen. Het traditionele onderwijs in natuurwetenschappen heeft in dit opzicht veel kwaad gedaan, door kant en klare 'produkten' over te dragen, antwoorden te geven zonder dat er vragen (van de leerlingen) waren (109).

Vernietigen meten en analyse de directe ervaring?

Vernietigen meten en analyse de directe ervaring?

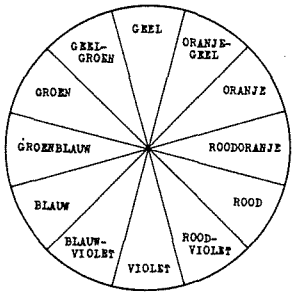
Dit wordt vaak genoemd en als waarschuwing tegen een eenzijdig metende en analyserende benadering is het terecht. Toch moeten we hier niet te snel generaliseren, want meten kan juist ook bijdragen tot bewustwording van nuances in de ervaring. Er ontstaan immers *referentiepunten voor vergelijking*. Als voorbeeld het gebruik van een kleuren-atlas, eigenlijk ook een meet-instrument. Uit het al eerder geciteerde interview met Dr. L. van de Hammen:

Het waarnemen en weergeven van kleuren: *Wanneer je dat bewust geanalyseerd hebt geniet je er meer van.*

In de biologie ontbreekt nogal wat aan het weergeven van kleuren. In de plantkunde wordt er veel aandacht aan besteed. In de dierkunde ook wel, bij zoogdieren, maar vooral bij vogels. Mensen die vogels bekijken beschrijven de kleuren meestal vrij nauwkeurig. Hoe kun je kleuren zo goed mogelijk beschrijven? Daarvoor zijn systemen van kleuren ontwikkeld en kleuren-atlassen samengesteld. Sommige van die atlassen bevatten een selectie van de meestgebruikte kleuren, maar als je dingen objectief wilt vergelijken is een atlas nodig waarin heel regelmatig gradaties zijn weergegeven. [3]

Enige scholing in kleuren en kleurenleer vergroot de waarde van de waarnemingen.

"Je gaat dan veel dingen zien. Ik heb in het voorjaar en herfst de kleuren van de bladeren nauwkeurig geanalyseerd. Je gaat dan veel meer nuances zien dan je eerst wel wist. Ze waren je vaag bekend, bijvoorbeeld dat eind juni het loof aan de bomen altijd zoveel donkerder wordt. Maar als je het eenmaal met een atlas vergeleken hebt zie je hoeveel donkerder dat wel is.
Zo ontdek je ook hoe licht het groen in het voorjaar is als de bomen pas blad hebben, het is bijna geel! Het verschilt per boomsoort, maar vooral bij de zomereik is het heel licht. Och, het zijn allemaal dingen die je je vaag gerealiseerd had, maar wanneer je dat bewust geanalyseerd hebt geniet je daar veel meer van. Het persoonlijk genoegen is door dit onderzoek erg vooruitgegaan."



Werkt het gebruik van apparatuur vervreemdend?

Werkt het gebruik van apparatuur vervreemdend?

Hiervoor geldt hetzelfde als voor het voorgaande punt. We moeten niet te snel naar apparatuur grijpen, als je het met ongewapend oog en oor goed afkunt. Maar doordat apparatuur het bereik van de zintuigen vergroot, gaat daarbij voor ons een wereld open, die anders voor een groot deel voor ons gesloten zou blijven.
Zo kan bijvoorbeeld met een stethoscoop de sapstroom van de bomen in het vroege voorjaar waargenomen worden: een indrukwekkend gegorgel (over beleving gesproken!). Met een loep zie je aan een bloem of blad details, die tot esthetische beleving aanleiding geven. Met binoculair en gewone microscoop is dat ook het geval, evenals verrekijker en sterrekijker (110).

Natuurwetenschap en het unieke

Natuurwetenschap en het unieke

'De natuurwetenschap vraagt niet naar het unieke en vindt dat dus ook niet', schreven we op pag. 35. En Jean-Paul Sartre beschouwt het systematisch omzetten van het concrete in het abstracte als een 'oerzonde' (111).

We denken in de natuurwetenschap in **soorten** en **algemene wetmatigheden**, waarvan het individuele organisme of ding of de bijzondere gebeurtenis 'concrete gevallen' zijn. Dat ene unieke gekleurde blad in de herfst of die ene mooie steen is natuurwetenschappelijk gezien niet interessant, evenmin als die ene mannetjesmerel, met witte staartpennen die elke dag mijn tuin bezoekt en die ik door die witte veren als individu kan herkennen.
Genoemde merel wordt natuurwetenschappelijk pas interessant als 'vogel met kenmerken van albinisme' en bijvoorbeeld vanuit de vraag naar het effect van 'zulke kenmerken' op het gedrag van andere mannetjesmerels en wijfjes (algemene wetmatigheid).

Hier ligt waarschijnlijk een cruciaal verschilpunt tussen natuurwetenschap en poëzie (of kunst in het algemeen)!
Maar genoemd verschil moet niet overdreven worden. Dingen zijn nooit en nergens in alle opzichten uniek. Als dat zo zou zijn, dan zouden we als mens niet kunnen leven temidden van alle wisselende indrukken. In de menselijke ontwikkeling zit een tendens tot generalisatie van ervaringen. Zonder beschrijvingscategorieën van algemene aard zou er geen communicatie mogelijk zijn.

> 'Dat unieke herfstblad, dat nog donkergroen is met rood wordende nerven en een rode vlek boven bij de punt, etc., etc.' wordt beschreven in algemene termen. De combinatie van eigenschappen kan daarentegen uniek zijn.

Eén en ander hangt samen met wat Van Melsen de 'species-individu-structuur van de stof' noemt: de materiële wereld zit zo in elkaar dat deze zich leent voor een ordening van individuen in klassen ('soorten' of 'species') (112). Het gaat dus niet alleen om een kenwijze, maar om een structuur van de werkelijkheid zelf! Wat het kennen betreft kunnen we, met Bijl, stellen dat er in de ontwikkeling van een mensenkind, in onze Westerse maatschappij, tendenzen zijn die kunnen uitlopen op natuurwetenschap – het zoeken naar constantie, regelmaat, patronen, structuren (113). Deze tendenzen zijn zichtbaar in het ontdekkend-onderzoekend bezig-zijn van kinderen. Natuurwetenschappelijk bezig-zijn is daarom niet zo mens-vijandig en mens-vreemd als critici ons soms willen doen geloven! We komen hier nog op terug in § 6.4. Maar het is niet het hele verhaal. Er bestaat wel degelijk een spanningsverhouding in onze cultuur tussen bijvoorbeeld natuurwetenschap en poëzie, tussen kritische zin en je thuis voelen, tussen weten en geloven. Die spanning is inherent aan onze cultuursituatie. Wij leven in onze cultuur, onze dynamische

en pluriforme samenleving per definitie fragmentarisch. Elk mens probeert in deze spanningsvelden een eigen evenwicht te vinden. In het onderwijs kunnen we hieraan tegemoet komen door dezelfde verschijnselen op verschillende, elkaar aanvullende (complementaire) wijzen te benaderen.

De kritiek van Schumacher

De kritiek van Schumacher

Schumacher protesteert tegen een dominerend, sterk door de natuurkunde bepaald reductionistisch wereldbeeld, waarin de kosmos wordt gezien als een zielloze en zinloze machinerie en de mensheid en de cultuur als een produkt van toevallige ontwikkelingen. Hij protesteert tegen de opvatting dat kennis van de tweede hoofdwet van de thermodynamica minstens zo belangrijk zou zijn als kennis van het werk van Shakespeare, positieve natuurwetenschap minstens zo belangrijk als de in literatuur, filosofie en religie opgetaste wijsheid van de mensheid.

Hij wijst er op dat we wel veel kennen en kunnen, maar niet weten waartoe dat allemaal moet leiden en daardoor gaan de ontwikkelingen met ons aan de haal (het beeld van de 'tovenaarsleerling' van Goethe). Het lijkt ons dat Schumacher's protest niet tegen de natuurwetenschap als zodanig gericht is, maar tegen de verabsolutering daarvan in de vorm van een bepaald wereldbeeld (met ontkenning of lager in rang zien van andere werkelijkheidsaspecten) en, vooral ook, tegen een bepaalde *gepopulariseerde natuurwetenschap*, die de indruk maakt te weten hoe *de* werkelijkheid *is*! Waarbij de natuurwetenschappelijke bescheidenheid, die weet heeft van grenzen, ook van het eigen kennen, schuil gaat achter indrukwekkende resultaten. Schumacher's protest is mede gericht tegen deze *vulgaire sciëntistische denkwijzen*, die feitelijk meer met wanbegrip dan met begrip van de natuurwetenschappen te maken hebben (114).

Wetenschap (informatie) en wijsheid (visie) sluiten elkaar niet uit, maar hebben elkaar nodig. En wanbegrip van de natuurwetenschappen leidt per definitie tot onwijsheid!

Visie zonder informatie is gevaarlijk, blind.

Informatie zonder visie is betekenisloos en kan daardoor ook gevaarlijk worden, zich als het ware tegen de mensen gaan richten (115).

Het is interessant dat Schumacher zijn visie op een zinvolle, menselijke, kleinschalige samenleving mede vorm heeft gegeven in het stimuleren van kleinschalige, 'zachte', aangepaste techniek, met name ook voor de ontwikkelingslanden.

En in zijn kritiek op een sciëntistisch, materialistisch wereldbeeld èn in deze kleinschalige technologie heeft Schumacher

voor natuuronderwijs in de basisschool iets te zeggen. Het eerste is een waarschuwing, een vraag: wil je dat? Wat voor soort natuuronderwijs wil je?
Het tweede geeft een richting aan, die maatschappelijk en pedagogisch goede perspectieven heeft. Want ook voor inzicht in die kleinschalige technologie is een grondige natuurwetenschappelijke en technische scholing nodig. Maar dan binnen een kader van wat Schumacher 'wijsheid' zou noemen. En didactisch geven deze kleinschalige technologieën mogelijkheden tot inzicht in technische principes, mede door zelf construerend bezig te zijn.

6. Natuurwetenschap is mensenwerk: een humane natuurwetenschap en natuuronderwijs in de basisschool

6.1 Een humane natuurwetenschap

In paragraaf 2.2 beschreven we de mening van die auteurs die 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' als het centrale doel van natuuronderwijs in de basisschool beschouwen en de argumenten daarvoor. In het hoofdstuk daarna werd dit nader uitgewerkt naar aspecten van 'natuurwetenschappelijk bezig-zijn'. Voorts werd deze hele onderneming fundamenteel ter discussie gesteld door de kritiek op dit 'natuurwetenschappelijk bezig-zijn' uitvoerig aan het woord te laten. Die kritiek werd vervolgens op een aantal punten wel weer genuanceerd, maar was toch nodig om het doel van 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' in het onzes inziens juiste perspectief te kunnen zien, namelijk dat natuurwetenschappelijk bezig-zijn een *menselijke activiteit* is en dat natuurwetenschappelijke ideeën niet zogezegd regelrecht uit de hemel gevallen zijn of zonder meer uit de werkelijkheid om ons heen 'weggelopen zijn' (zoals het positivisme ons wil doen geloven).

Kritiek op de natuurwetenschap en de natuurwetenschappelijke techniek (technologie) bleek vooral betrekking te hebben op:
- verabsoluteringen van natuurwetenschappelijke (= op bepaalde manieren reducerende) denkwijzen en technische normen (= efficiëntie en nut);
- het niet of te weinig zien van de nauwe verbindingen tussen het beoefenen van natuurwetenschappen en machtsfactoren, zowel binnen het 'wetenschapsbedrijf' als in de maatschappij-als-geheel;
- het te weinig oog hebben voor de blijvende relatie tussen natuurwetenschappelijk bezig-zijn en het concrete licha-

melijke bestaan van de onderzoeker, kortom, op technocratische en sciëntistische denkwijzen, met de daaruit voortvloeiende vervreemdingsverschijselen.

Dit laatste, deze vervreemdingsverschijnselen vanwege een verregaande (en onkritische) reductie van de menselijke ervaring van organismen, van het eigen lijf, van natuurkrachten, werd toegelicht aan de hand van het gebruik van technisch-natuurwetenschappelijk jargon, het kapot gaan van de verbeelding, de veronderstelde vernietiging van de directe ervaring door meten en analyse, de veronderstelde vervreemdende werking door het gebruik van apparatuur, het verliezen van het unieke door de natuurwetenschappen. Bij al deze punten moesten we zeggen: 'ja, inderdaad, maar...'. Er zijn uitzonderingen. Het hangt er maar vanaf hoe je ermee omgaat en in welk kader dit soort zaken plaatsvinden.

Een *humane natuurwetenschap* kan alleen tot bloei komen als:

- onderzoekers zich *bewust zijn* van het reductionistische karakter van hun methoden en van het referentiekader waarbinnen ze werken; er zijn ook andere referentiekaders mogelijk (denk bijvoorbeeld aan Oosterse opvattingen en die van de antroposofen en de geschiedenis van de natuurwetenschappen had een andere loop genomen als bijvoorbeeld binnen onze eigen Westerse geschiedenis Leibniz, Spinoza en Goethe meer invloed hadden gehad en Newton en Descartes minder (116);
- er oog is voor de machtsfactoren binnen de wetenschapsbeoefening en in de maatschappij; dit laatste zowel negatief (overheersing door middel van natuurwetenschappen en techniek) als positief (bevrijding door natuurwetenschap en techniek).

Natuurwetenschap is een middel om de omgeving te ordenen, om daar mentaal greep op te krijgen (inzicht), mede ten dienste van een juist *beheer* van de natuurlijke hulpbronnen ten dienste van een rechtvaardige en (ecologisch) houdbare samenleving (117).

Natuurwetenschap is ook, en dat willen we met nadruk stellen, een antwoord op vragen van mensen die gewoon willen wéten, inzicht willen hebben in de materie als doel in zichzelf, zonder daarin direct gedreven te worden door overwegingen van nut. Natuurwetenschappelijke 'feiten' en theorieën hangen samen met vragen van mensen, met bepaalde 'interessen'.

Wat betekent dit nu voor natuuronderwijs in de basisschool? Staat het er niet mijlenver vanaf?

6.2 Opnieuw 'natuurwetenschappelijke geletterdheid'

We herhalen het citaat van David Hawkins uit paragraaf 2.2.

> *'Eén van de vreemdste dingen van deze wereld is, dat zo weinig van zijn bewoners delen in de kennis die deze mogelijk heeft gemaakt. Onze veelgeroemde, maar tegelijkertijd kwetsbare spreiding van onderwijs en vorming heeft, zo schijnt het, nauwelijks een positief effect ten aanzien van deze diepgaande vervreemding. Door deze vervreemding wordt het gesprek over zaken van algemeen belang verlamd en komen vitale zaken alleen oppervlakkig ter sprake. De Oude Romeinen hadden als één van de uitgangspunten van hun wetgeving dat datgene wat iedereen raakte, door iedereen beslist moest worden. Dat is de essentie van de democratie, maar in een maatschappij die zich zo snel ontwikkeld heeft dat zijn intellectuele wortels onzichtbaar zijn geworden, wordt deze voortdurend gefrustreerd.'*

Na alles in het voorgaande afgewogen te hebben willen we duidelijk stellen dat men in de basisschool niet om natuurwetenschap en techniek heen kan, om maatschappelijke redenen, maar ook met het oog op de kinderen zelf. De maatschappelijke redenen zijn in paragraaf 2.2 voldoende uiteengezet. Het is hoogst onverantwoord om kinderen in deze sterk door natuurwetenschappen en techniek bepaalde tijd op dit terrein onkundig te laten. Een 'natuurwetenschappelijke basisvorming' is nodig voor iedereen, te beginnen in de basisschool.
Daartoe zal dat 'natuurwetenschappelijke' wel nader gekwalificeerd moeten worden!
Ook valt zo'n 'natuurwetenschappelijke basisvorming' te verantwoorden met het oog op de ontwikkelingspsychologische gegevens. Zoals eerder al uiteengezet, zijn er tendenzen in de ontwikkeling van kinderen die op zijn minst een zekere parallellie vertonen met natuurwetenschappelijk bezig-zijn.
En ook zal deze natuurwetenschappelijke kant van natuuronderwijs in de basisschool pedagogisch belangrijk kunnen zijn voor de emancipatie van kinderen tot mondige mensen. Deze punten verdienen een nadere uitwerking, waardoor tevens een brug geslagen kan worden tussen de wetenschapstheoretische beschouwingen in dit katern en de leerplanontwikkeling in de basisschool zelf.

6.3 Humane natuurwetenschap in de basisschool Maatschappijproblemen niet het belangrijkste uitgangspunt

De maatschappelijke betekenis van natuurwetenschappelijk onderwijs in de basisschool zou je kunnen opvatten als *onderwijs over maatschappijproblemen*, zoals: verkeersveiligheid, alcoholisme, woningnood, milieuvervuiling, massavernietigingswapens en wat voor ellende er allemaal nog meer te bestuderen valt. Zulke kwesties kunnen wel aan de orde komen, mits:

- onze grote-mensenproblemen niet aan de kinderen worden opgedrongen: het gaat erom *analogieën* van deze maatschappijproblemen te vinden in het bestaan van de kinderen; bij de milieuproblematiek bijvoorbeeld kan het bespuiten door 'Gemeentewerken' van de stoepen met onkruidverdelgingsmiddel aanleiding zijn tot de studie van het gebruik van onkruidbestrijdingsmiddelen: wat is 'onkruid'?; welke 'onkruiden' groeien op de stoep?; waar veel en waar weinig en hoe komt dat?; waarom mogen die daar niet groeien?; wat is het effect van het bespuiten op de planten?; heeft het ook gevolgen voor dieren? en tenslotte: is dat nou wel nodig?; als de kinderen zelf een tuin hebben komt de problematiek van gewenste en ongewenste planten ook in andere context aan de orde;
  bij het bestuderen van zo'n thema worden allerlei 'natuurwetenschappelijke' werkwijzen voor het verzamelen en vastleggen van gegevens gebruikt: vergelijkend observeren, identificeren (determineren) van organismen, tellen en meten, verwerken van gegevens in tabellen, eventueel experimenteren met doses van het middel (maar dit zit voor ons 'op het randje' van wat nog kan, zie verderop!), etc. en dit alles in combinatie met 'sociaal-wetenschappelijke' technieken voor het verzamelen van gegevens, zoals interviews afnemen en meningen tegen elkaar afwegen; op eenzelfde manier kan heel concreet over verkeersproblemen gewerkt worden naar aanleiding van de vraagstelling: hoe kom je het veiligst naar school? (118);
- het negatieve, de narigheid, niet als belangrijkste uitgangspunt wordt gekozen; natuurlijk zullen de kinderen zulke dingen aan de orde kunnen stellen en we zullen die serieus moeten nemen en er verder op door kunnen gaan in de klas; inclusief studie van natuurwetenschappelijke aspecten;
- het om *zaken* gaat *die kinderen kunnen begrijpen*, liefst letterlijk be-grijpen; maar al te vaak wordt er gepraat over

bijvoorbeeld kernenergie en luchtverontreiniging of welk ander 'groot' probleem dan ook, terwijl inzicht in deze problemen buiten het bereik van de kinderen ligt; kinderen in de basisschool kunnen nog geen begrip hebben van atomen en moleculen en andere ongrijpbare structuren en modellen en toch is een inzicht in het heel kleine en heel grote, in de structuur van de materie, van essentieel belang voor moderne mensen – zie daarover hieronder.

Het gaat om het vertrouwd worden met een aantal natuurwetenschappelijke begrippen en onderzoeksvaardigheden, om een onderzoekende houding, om verwondering vooral. Dit zijn allemaal *voorwaarden* om zich in deze wereld thuis te voelen. Dit 'thuis voelen' betekent niet een technocratische aangepastheid, maar een voorwaarde om zich kritisch tegenover zaken te kunnen opstellen. Je moet er voldoende van weten om er kritisch tegenover te kunnen staan, te kunnen schiften tussen wat als waardevol en wat als inhumaan beschouwd moet worden (119).

Bovendien kan natuurwetenschappelijk onderwijs bijdragen aan het ontstaan van kritische zin en een gezond sceptisme, doordat niet aan alle leuzen direct geloof wordt gehecht en kinderen zelfstandig op onderzoek uitgaan. Het kan daarom tegelijkertijd maatschappelijk relevant zijn, als belangrijk voor de emancipatie van de kinderen zelf, emancipatie dan begrepen als 'zelfstandig worden in zin-geven'.

De populaire tweedeling van wetenschap en kunst zal in het verband van een humane natuurwetenschap in natuuronderwijs in de basisschool ook gerelativeerd moeten worden. Kunstzinnig bezig-zijn kan leiden (en heeft vaak geleid) tot wetenschap en veronderstelt vaak wetenschap en techniek. Natuurwetenschap en techniek geven vaak aanleiding tot kunstzinnig bezig-zijn. Beide activiteiten hebben hun bron in de waarneming (120).

En om nog even terug te komen op het begin van deze paragraaf: de maatschappij-gerichtheid van natuuronderwijs in de basisschool heeft met name ook te maken met wat we in katern 1 kenschetsten als 'basics': basisbehoeften van mensen-in-het-algemeen die collectief bevredigd worden en waarvan het belangrijk is dat kinderen zien hoe dit gebeurde in het verleden en nu nog gebeurt: voeding, onderdak, kleding, zorg voor de gezondheid in het algemeen, in stand houden van een leefbare omgeving, het scheppen van schoonheid en last but not least het willen begrijpen (zoeken naar waarheid) als een typisch menselijke behoefte – als doel in zichzelf. Het gaat niet zozeer om het onderwijzen *van* natuurwetenschappen, maar om het opvoeden *door* natuurwe-

tenschappen (121).
Diverse hier genoemde zaken vragen om een beknopte uitwerking en illustratie van praktische consequenties.

6.4 Kinderen als natuurwetenschappers

Ik kan het niet nalaten hier een klein voorval te vermelden dat, hoewel men dat nauwelijks zou verwachten op grond van de literatuur over de ontwikkeling van kinderen, in mijn ervaring representatief is. Een jongetje van 12 maanden, in gezelschap van zijn tante en grootmoeder, werd door mij geobserveerd terwijl hij rondkroop over een, op wat geïsoleerde jacobskruiskruidplanten en een enkele distel na, kale zandhelling. Na over een groot aantal kruiskruidplantjes te zijn heengekropen zonder erop te reageren, kwam hij toevallig op een distel terecht, waarvan de stekelige bladeren in zijn voet prikten. Hij schrikte nauwelijks merkbaar even op, kroop eerst door, maar stopte een seconde of wat later en keek om over zijn schouder. Vervolgens kroop hij weer terug en wreef met zijn voet nog een keertje over de distelplant. Daarna draaide hij zich naar de plant toe, keek er zeer geconcentreerd naar en streek er met zijn hand over heen en weer. Dit werd gevolgd door een volmaakt controle-experiment: hij keek rond, koos een kruiskruidplant en raakte deze op dezelfde manier aan. Daarna betastte hij de distel nog eens en pas toen vervolgde hij zijn weg. Voor ethologen is dit slechts één van de vele voorbeelden van het daadwerkelijk experimenteren van een pre-verhaal kind, van een zeer verfijnde exploratie.

N. Tinbergen

De eerder gemaakte opmerking dat er in de ontwikkeling van kinderen al trends aan te wijzen zijn die je als 'natuurwetenschap' of 'aangelegd op natuurwetenschap' zou kunnen beschouwen verdient nadere uitwerking.
In een aantal buitenlandse projecten voor natuurwetenschappelijk onderwijs in de basisschool, vooral die projecten die min of meer sterk gericht zijn op natuurwetenschappelijke werkwijzen ('processen'), wordt er niet alleen van uitgegaan dat kinderen bij 'science'-activiteiten in school *bezig-zijn als natuurwetenschappers*, maar dat dit in het verlengde ligt van hun voor- en buitenschoolse activiteiten.

Nuffield Junior Science

Het *Nuffield Junior Science Project* bijvoorbeeld gaat er, in aansluiting bij Piaget, c.s. vanuit dat de manier waarop kin-

deren praktische problemen oplossen een natuurwetenschappelijke wijze van werken is.
Ter illustratie een stukje uit 'Kinderen en leren' (samenvatting van wat er in één van de onderwijzersboeken van dit project terzake wordt geschreven).

Waarneming leidt via het experiment tot ontdekking
Experimenteren is een natuurlijk aspect van het gedrag van kinderen en als de onderwijzer hen gedurende een paar weken aangemoedigd heeft op deze manier te werken, zullen zelfs de jongste af en toe hun eigen experimenten bedenken en volbrengen.

Het kind als wetenschapper
Het vijf-jarig kind onderzoekt en manipuleert met dingen om zo hun eigenschappen te leren kennen en daarover een algemene uitspraak te kunnen doen. Dit doet de wetenschapper ook, al zal deze ook de grenzen, waarbinnen zijn uitspraken kloppen willen aangeven. Kinderen doen dat niet, wel zullen zij zich afvragen, wat er fout ging, als een door hun ervaring gegeven regel ergens niet opgaat, zodat het kind toch leert zijn regels aan te passen of zelfs te verlaten.
Natuurlijk komt deze houding niet meteen. Er is nog zoveel nieuw voor het jonge kind, dat iets wat ons verbaast, voor hem nog niet iets bijzonders hoeft te betekenen. Hij begint met 'Hoe?', 'Hoe komt dat?', 'Waarom?'.
Zo zullen jonge kinderen het leuk vinden ratten te houden en te bekijken, maar oudere kinderen zullen vragen gaan stellen, later zelfs hun ideeën met experimenten gaan toetsen, hetgeen beantwoordt aan wetenschappelijke-nieuwsgierige houding. Door die nieuwsgierigheid zal zijn belangstelling snel wisselen, maar om algemene ideeën te kunnen bevatten, zal het kind zich toch eens met een veelheid van gegevens moeten hebben beziggehouden (122).

Nathan Isaacs

Een belangrijk denker op dit terrein, die ook veel invloed heeft uitgeoefend op Nuffield Junior Science.

Nathan Isaacs, heeft in zijn *Early Scientific Trends in Young Children* de natuurlijke nieuwsgierigheid en de interesse in het onderzoeken van dingen, vooral door het stellen van vragen en zelf onderzoeken, het zoeken van verklaringen, beschreven als 'proto science' (123). 'Science' is zowel 'geordende kennis' als 'methoden om die te kunnen verwerven en te ordenen' (empirische en logische methoden) en op beide

terreinen zijn 'proto-natuurwetenschappelijke' trends herkenbaar bij de kinderen. Het 'geordend zijn' van kennis en het uit zijn op generalisaties komt bijvoorbeeld aan bod als er iets waargenomen wordt dat in tegenspraak is met (blijkbaar reeds) gevormde generalisaties. Zelfs kinderen van drie vier jaar hebben al een tamelijk ver-rijkend model van de wereld opgebouwd, een soort 'proto-science' van de soorten dingen die er zijn, dingen die constant zijn en zich in het algemeen regelmatig gedragen en waartussen min of meer vaste relaties bestaan.

Op zoek naar algemene structuren: Bijl

Bijl beschrijft hoe de mens het generaliseren blijkbaar niet kan laten en dat niet alleen, dat het generaliseren noodzakelijk is om in de wereld enige stabiliteit, houvast te vinden (124).

Daarbij kan gedacht worden aan:

- *begripsvorming*: 'een hond is een vierpotig wezen dat haren heeft en blaft' en daarmee zijn in principe alle honden geclassificeerd, van pinchertje tot 'een kalf van een Deense dog'; bij de confrontatie met laatstgenoemd dier kan er een tegenspraak ontstaan met het reeds gevormde begrip 'hond' en zal dit aangepast moeten worden met de kwalificatie: 'van zeer verschillende grootte'; de wijze waarop de begripsvorming verloopt en de natuurwetenschappelijke begripsvorming (met hiërarchieën van begrippen: Chinese pincher, pincherachtigen, hond, hondachtigen, roofdieren, zoogdieren, gewervelde dieren, dieren) zijn in principe analoog, zij het dat in de natuurwetenschap met expliciete, intersubjectief controleerbare criteria wordt gewerkt;
- de *dingconstantie* of het 'permanent object': dingen blijven aanwezig en blijven 'zichzelf', ook als ik ze niet meer zie;
- de *doel-middel-categorie ('finaal denken')*: de jongste kinderen in de kleuterschool kunnen bijvoorbeeld al voorwerpen die voor een bepaald gebruik bijeen horen in groepen ordenen (classificeren); deze categorie is er eerder dan de volgende, gezien ook het feit dat veel 'waarom'-vragen van kinderen eigenlijk 'waartoe'-vragen zijn, sterk *antropocentrisch gekleurd*: zie bijvoorbeeld de bespreking van de vraag 'waarom sneeuwt het?' in katern 1;
  Wagenschein (125) geeft als voorbeeld de vraag van een driejarige:
  'Moeder, waarom gaat de maan zo rond?' De moeder: 'Dan kan hij in elk bed kijken'.
  Commentaar van Wagenschein:
  'Dat is een wijs antwoord aan een kind van drie. Hier zijn 'waarom?' en 'waarvoor?' ('pourquoi') nog hetzelf-

de en de maan is nog geen studie-object binnen de hemelmechanica'.

- de *oorzaak-gevolg-categorie*: samenhangen van objecten worden gedacht naar analogie van menselijke betrekkingen, het zelf-oorzaak-zijn-van-gevolgen-in-de-wereld-rondom (weer: het 'Leib-apriori'!); denk aan het doen instorten van zelfgebouwde torens door kleuters, het omgooien van een lange reeks dicht bijeen geplaatste dominostenen (een causale reeks), het doen slingeren van vrij hangende dingen, het schommelen en wippen in de speeltuin!

Met betrekking tot sommige zaken kunnen jonge kinderen soms verbazingwekkend 'exact' (= causaal) denken, met betrekking tot andere zaken kunnen ze dat pas heel laat; generalisaties zijn hier niet zo eenvoudig te geven.
Bijl bespreekt ook nog de:

- *noodzakelijk-toevallig-categorie*, waarbij 'noodzakelijk' slaat op finale en causale verklaringen en 'toevallig' op het ontbreken van een herkenbare bedoeling of oorzaak (patroon) in een bepaald gebeuren.

Kinderen kunnen geen natuurwetenschappers zijn?

Nu is in de literatuur ook een tegengeluid te vernemen. De Duitse pedagoog Carl Schietzel verwerpt het natuur *wetenschappelijk* onderwijs in de basisschool, omdat je zijns inziens op die manier geen recht doet aan de natuurwetenschap, noch aan het kind (126). Natuurwetenschappelijk kennen is in zijn visie een specifieke vorm van kennen: een bepaald logisch systeem, dat via een inductieve werkwijze getoetst en uitgebreid wordt (zie de beschrijving in 3.3): uit een bepaald complex van problemen (dat reeds theorie-bepaald is) wordt een vraag 'los-gemaakt' (ge-abstraheerd) en bewerkt, welke aanleiding is tot onderzoek, met name experimenteren. Uit de bijzondere gebeurtenissen van het experiment worden algemene en noodzakelijke conclusies getrokken.
Dat vraagt nogal wat! Een wetenschappelijke inductie is pas mogelijk als de vraag -logisch gezien- scherp geformuleerd (geoperationaliseerd) is en het experimentele antwoord kritisch (gericht op mogelijke fouten, vanuit een houding die niet op 'gelijk-hebben' gericht is) geanalyseerd wordt. Anders is er slechts sprake van een *vage inductie* of van een onkritisch (naïef) empirisme.
Kinderen in de basisschool-leeftijd zijn volgens Schietzel alleen tot zulke vage inducties in staat:

- hun vragen komen spontaan tot stand en allesbehalve onder logische controle; ze komen vaak voort uit 'triviale

nieuwsgierigheid';
- kinderen komen gewoon niet op zulke wetenschappelijke vragen; je kunt ze zulke vragen natuurlijk wel aanpraten, 'maar dan zijn het pseudo-vragen die met echte vragen alleen het vraagteken gemeen hebben';
- kinderen kunnen geen wetenschappelijke experimenten ontwerpen en uitvoeren.

Schietzel verzet zich tegen een theorie en praktijk die een soort 'propaedeuse' in de natuurwetenschappen willen zijn, tegen het kind-vreemde en tegelijkertijd pseudo-wetenschappelijke van zo'n aanpak: vlees noch vis. Daarentegen kiest hij voor wat hij noemt: 'kunde', dat is verheldering en uitleg van de werkelijk geleefde wereld (in tegenstelling tot inleiding in abstracte wetenschappelijke denkwijzen en begrippen). Niet de methodisch gereduceerde ervaring en taal van de empirische wetenschappen, maar de geleefde ervaring van alledag en de gewone omgangstaal zijn uitgangspunt. Dan kan ook de rijkdom van de verschijnselen beter tot zijn recht komen en de rijkdom aan ervaringsperspectieven vanuit verschillende kinderen.

Praktisch gezien houdt dit in:

a. *Rechtstreekse confrontatie met de verschijnselen uit de omgeving*:
   - verzorgen van planten en dieren, werken in de tuin;
   - produceren, maken/construeren van stoffen en dingen (vergelijk wat er werd geschreven over het 'homo-faber'-achtige in kinderen, katern 1);
   - spinnen van wol, meel maken uit graan, papier uit lompen, kaarsen uit stearine en was, olie uit noten, potten maken van klei, kleurstoffen bereiden uit natuurlijke materialen;
   - construeren: voertuigen, torens, bruggen, 'machines', huizen, etc.;
   - demonteren en repareren: wekkers, sloten, speelgoed, fiets-met-toebehoren, stekkers, etc.;
   - natuurverschijnselen fenomenologisch (open en vrij) waarnemen en onderzoeken;
   - verzamelen: draad en kabel, spijkers en schroeven, wielen en tandwielen, allerlei 'stoffen', flessen, munten, stenen;
   - 'klassieke thema's als vuur, water, lucht, geluid en kleur, die tot de 'oer-interessen' van de mensheid behoren, die door de geschiedenis heen aandacht gehad hebben.

b. *Dieper doordringen in de zaak door middel van gesprekken*, waardoor *de kennis-vormende rol van de taal* serieus

genomen wordt; maar dan *echte* en geen pseudogesprekken, te voeren in de omgangstaal en waardoor de omgangstaal van het individuele kind zich verder kan ontwikkelen en verfijnen.

Als voorbeeld van een 'programma' dat recht doet aan deze criteria verwijst Schietzel onder andere naar... het 'Nuffield Junior Science'-Project in Engeland, waarmee we deze paragraaf begonnen! Rara? Nuffield Junior Science beschreef het kind toch als 'natuurwetenschappers'? En Schietzel ziet toch een sterk *dis*continuïteit tussen het kinderlijke denken en de natuurwetenschap? Schietzel zet zich af tegen *vakwetenschappelijke* benaderingen in de basisschool, tegen 'didactische vervroeging', waarbij noch aan de vakwetenschap, noch aan het kind recht gedaan wordt. Hij beschouwt (en beschrijft) de voorbeelden die hij kent en die ontleend zijn aan de Duitse versies van de eerder besproken Amerikaanse programma's 'Science Curriculum Improvement Study' en 'Science-a Process Approach' als vormen van *indoctrinatie*. Hij hanteert een bepaald begrip van 'wetenschap' dat blijkbaar anders is dan dat van Nuffield Junior Science en stelt dat het in de basisschool niet anders kan gaan dan om iets dat aan wetenschap (en kunst en techniek) voorafgaat.
Het is onzes inziens *een kwestie van definitie*. Schietzel erkent de mogelijkheid van de vorming (genese) van natuurwetenschappelijke begrippen door middel van het in een groep met de dingen bezig-zijn: vanuit de omgangstaal van individuele begrippen proberen te komen tot definities die in de groep op een eenduidige manier kunnen worden geïnterpreteerd. Is hier niet op zijn minst een sterke analogie met begripsvorming in de natuurwetenschappen aanwezig?
Naar ons idee kan de in het begin van deze paragraaf gegeven beschrijving van 'op natuurwetenschap aangelegde tendenzen in de ontwikkeling van kinderen' en 'het kind als natuurwetenschapper' overeind blijven, ondanks de kritiek van Schietzel. Het vraagt echter wel om enkele aanvullingen, we zijn tenslotte wel gewaarschuwd door zijn kritische beschouwingen!

De natuurwetenschap van kinderen is anders

De natuurwetenschap van kinderen is anders

Als je er van uitgaan dat het onderzoekend bezig-zijn van kinderen op een legitieme wijze beschreven kan worden als (een vorm van) natuurwetenschappelijk bezig-zijn (en hier valt veel voor te zeggen!), ook dan mag je niet de fout maken deze kinderlijke natuurwetenschap gelijk te schakelen met de natuurwetenschap van volwassen wetenschappelijke on-

derzoekers. Hun natuurwetenschap is *anders*. George Hein beschrijft de verhouding van de 'officiële' en de kinderlijke natuurwetenschap als een verhouding tussen culturen:

'Children's Science is Another Culture' (128).

En hoe die cultuur in elkaar zit, hoe die 'werkt' en beleefd wordt kun je alleen maar te weten komen als je er zoveel mogelijk probeert 'van binnenuit' naar te kijken. Hein beschrijft, als voorbeeld, experimenten met rollende voorwerpen. Enkele kenmerken van de kinderlijke natuurwetenschap die daarbij naar voren komen zijn:

- de kinderen zien vergelijkende experimenten heel sterk in termen van wedstrijden, races; dat blijkt bijvoorbeeld uit het feit dat kinderen gelijke uitkomsten 'niet meetellen'; alleen verschillende uitkomsten tellen mee; enkele kinderen vertellen bijvoorbeeld dat A sneller is dan B want van de tien keer heeft A twee keer gewonnen, B één keer en zijn zeven keer gelijk!; de oorzaak hiervan is:
- kinderen hebben nog geen statistische kijk op feiten en observaties; elke observatie en elk feit kan beslissend zijn;
- de uitkomst van een vergelijkend experiment is altijd 'goed', want de kinderen benaderen de uitkomst niet met heel expliciete verwachtingen (hypotheses);
- kinderen hanteren andere criteria van validiteit; ze hebben in de meeste gevallen wel een idee dat er verschillende factoren (variabelen) in het spel zijn, ook dat je deze moet beperken, het liefst tot één, maar weten niet hoe je dat zou moeten doen en op welke variabele je je kunt concentreren; ze voelen ook moeilijk aan waar een fout kan zitten, bijvoorbeeld in het voorbeeld van het rol-experiment het niet tegelijkertijd loslaten van de voorwerpen;
- ze interpreteren de gegevens vanuit een heel ander theoretisch kader, in ons voorbeeld vanuit een fysica zoals Aristoteles er ook op nahield (zie par. 5.2); *gewicht* is de belangrijkste verklaringsfactor, zwaardere dingen doen meer pijn als je ze op je tenen laat vallen, je kunt ze moeilijker optillen en moeilijker weggooien, etc., dus zware voorwerpen rollen sneller van een helling af; nu gebeurt dat inderdaad vaak, maar wat feitelijk bepalend is, is de *massa, de hoeveelheid 'spul'*.

En Hein vraagt of we het volhouden als we kinderen binnen hun kader bezig zien met zelfontworpen experimenten die vanuit de 'volwassenen-natuurwetenschap' gezien niet deugen, of we niet zeggen dat ze het zelf mogen uitzoeken maar feitelijk vinden (en via manipuleren, bevorderen) dat ze bij 'juiste' verklaringen moeten uitkomen.

Hij pleit dan voor:

- eerlijkheid tegenover de kinderen: als we bepaalde zaken willen overdragen moeten we dat eerlijk zeggen;
- ruimte voor kinderen om *hun* natuurwetenschap te kunnen beleven, met vallen en opstaan in een klas als 'gemeenschap van onderzoekers' die steeds meer kritische vragen aan elkaar stelt: met de leerkracht die vanuit deze denkwijzen vertrekt, kinderen verschillende ervaringen biedt en stap voor stap helpt tot een meer 'officiële'-wetenschappelijke aanpak te komen.

6.5 Meten, waarnemen, beleven

In het 'natuurwetenschappelijk bezig-zijn' neemt het meten een belangrijke plaats in. Het 'exacte' zit hem vooral in het meten. Juist hier omheen is er nogal wat weerstand tegen natuurwetenschappelijk onderwijs voor kinderen. Al dat gemeet kan immers gemakkelijk ten koste gaan van de directe ervaring en beleving. In par. 5.5 hebben we daarover al geschreven en deze kritiek genuanceerd. Op deze plaats enkele voorbeelden uit de schoolpraktijk. Het eerste voorbeeld laat zien dat we inderdaad kritisch moeten blijven tegenover het meten. Het moet wel zinvol zijn. Het tweede (kortere) voorbeeld laat zien dat meten uiterst waardevol kan zijn, juist voor de beleving. Verder wordt in deze paragraaf aangegeven dat exacte waarneming ook verder heel goed samen kan gaan met een persoonlijke, muzische verwerking.



Fig. 3. *Notatie van de geluiden van duiven; A, B, C, Tortelduif; D, E, Turkse tortel.*

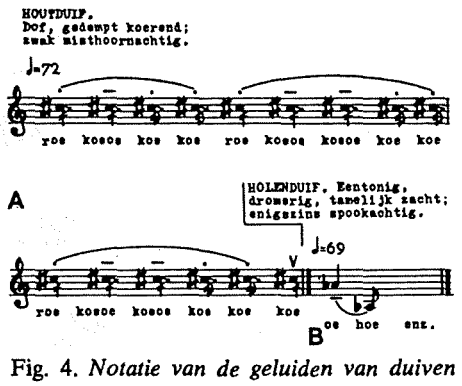


Fig. 4. *Notatie van de geluiden van duiven (vervolg); A, Houtduif; B, Holenduif.*

De Grabbelton p. 5-25

Voorbeeld 1:
Limonade maken

Limonade maken.

De kleuters die in de keukenhoek mogen werken krijgen een fles limonade en elk een glas of doorzichtige plastic beker.
Ze mogen elk een glas limonade maken.
"Ik weet hoeveel erin moet", klinkt het zelfverzekerd.
En tot onze verbazing gebruikten de meeste kleuters die we ermee bezig zagen intuïtief limonadesiroop en water in ongeveer de juiste verhoudingen en altijd eerst limonade en daarna water.
In een bekerglas met schuine wanden schonken ze een ongeveer 1 vinger dikke laag siroop en 4 vingers dik water daar bovenop.
Soms werd de limonade te slap of te zoet, doordat een kind de verhoudingen niet zo goed kende of doordat de motoriek niet helemaal beheerst werd: teveel limonade ingeschonken dan de bedoeling was of de kraan iets te lang laten lopen.
We vroegen de kinderen, als er zulke verschillen waren, welke limonade ze het lekkerst vonden, maar op enkele uitzonderingen na, bleek dat niet zo'n zinvolle vraag te zijn. **Voor kleuters is de limonade die ze zelf gemaakt hebben altijd "lekker"** en er is verder nogal wat verschil in smaak tussen kinderen. Sommige kinderen kan het niet zoet genoeg zijn, terwijl anderen bij dezelfde concentratie een vies gezicht trekken. Als het te zoet was vroegen we:
"Wat moet je nu doen, als je het niet lekker vindt?"
- "Weggooien" (!)
- "Wat limonade eruit doen".

Ze wisten echter niet te vertellen hoe dit laatste dan wel zou kunnen. Er waren maar enkele kinderen die op het idee kwamen dat je er wat water bij kon doen. Omgekeerd hadden ze vrijwel altijd door dat je te slappe limonade op smaak kunt brengen door er limonadesiroop bij te doen, dan wordt het "dikker".

Nadat de kinderen op deze intuïtieve wijze bezig geweest waren met limonade maken en proeven (van zichzelf en van anderen) zetten we de volgende stap, namelijk de introductie van een soort primitief **"maatglas"**, waarmee je altijd lekkere limonade kunt maken.



"Jullie hebben nu een paar keer limonade gemaakt, maar nu gaan we dit bekertje gebruiken om limonade te maken. Dan krijg je altijd lekkere limonade."
Samen met enkele ervaren kinderen zocht de leidster naar de plaats waar op enkele plastic bekertjes (één doorzichtige en één halfdoorzichtige (melkwitte) streepjes moesten komen voor:
- de hoeveelheid limonadesiroop
- de hoeveelheid water die erbij moet.

De limonade die zo ontstaat moet niet te slap en niet te zoet zijn. De plaats van de streepjes werd proefondervindelijk vastgesteld. De streepjes werden met watervaste viltstift aangebracht.

Door deze streepjes veranderde het schenkgedrag van de kinderen sterk. Ze gingen heel voorzichtig schenken, om precies tot op het streepje te komen. Ze vonden het ook een sport om dit zo precies mogelijk te doen.
Het gedrag bij de doorzichtige en de melkwitte bekertjes verschilde sterk. Bij de doorzichtige bekertjes kunnen de kinderen vrij gemakkelijk zien of de streep bijna bereikt is, zowel door buiten tegen de beker aan te kijken als erin. De streep en het vloeistofniveau zijn gemakkelijk tegelijkertijd waar te nemen. Bij de melkwitte bekers is dat anders. Daar kan alleen aan de buitenkant waargenomen worden hoe hoog de vloeistof staat ten opzichte van de streep. De kinderen onderbraken vaker het schenken, om door te hurken of te buigen op ooghoogte te kijken hoe hoog de vloeistof stond. Bij een melkwit maatglas werd bovendien voorzichtiger geschonken en hielpen de kinderen elkaar, doordat één kind op de hurken keek hoe hoog de vloeistof stond en een ander kind aan het schenken was.
Dit samen–werken werd gestimuleerd doordat de kinderen in het begin de opdracht kregen om om de beurt in het melkwitte bekertje limonade te maken, terwijl de anderen moesten kijken of het goed ging.



De Grabbelton p. 4-51

Vragen bij dit voorbeeld:
Verreweg de meeste kinderen maken intuïtief een goed smakende limonade. Er zijn wel verschillen in smaak en in de gehanteerde verhoudingen van siroop en water, maar in het algemeen worden de 'goede' verhoudingen gebruikt. Dan wordt het 'maatglas' geïntroduceerd... 'dan krijg je altijd lekkere limonade'. En dat, terwijl dat zonder maatglas in het algemeen ook wel lukte! 'Ja, maar nu heb je meer zekerheid', zou iemand op deze tegenwerping kunnen antwoorden. Ja, maar de 'smaak' wordt nu wel gestandaardiseerd; wat 'lekkere limonade' is, is nu voor iedereen hetzelfde, 'met individuele verschillen in smaak wordt nu geen rekening gehouden', zou daarop weer gevraagd kunnen worden, etc., etc.
Deze vragen worden hier gesteld om te laten zien hoe zeer het 'scientisme' op de loer ligt, in ieder geval door het introduceren van meten in plaats van een tot redelijke resultaten leidende gewone zintuiglijke waarneming. In het kader van de ontwikkeling van een leerplan 'meten' is deze activiteit wel zinvol, maar we moeten toch oppassen voor dit soort zaken, kritisch blijven.

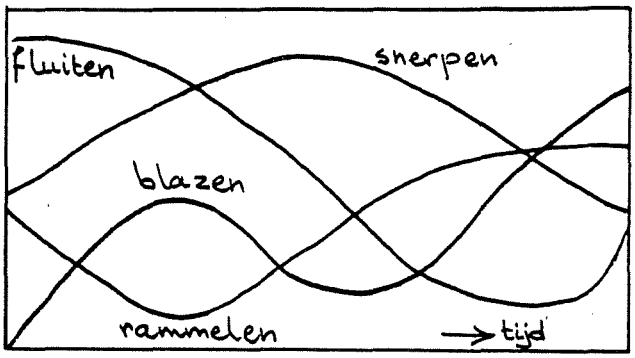
Voorbeeld 2: Meten van de windkracht

Het tweede voorbeeld heeft betrekking op het meten van de windkracht.
Als kinderen in klas 1 de hierbij afgebeelde windmeter hanteren, blijkt dat ze zich steeds beter bewust worden van allerlei nuances in windkracht.
De kinderen kijken ook naar wat de wind doet met de dingen: met de takken en bladeren, met papier, zand en stof, met de was aan de waslijn en de TV-antennes, etc., etc.
Later weten ze ook aan te geven: nu is het waarschijnlijk 'matige wind' (= nummer 2 van de windmeter), door naar de takken te kijken.
Meten draagt bij aan verfijning van de waarneming, net zoals werd beschreven voor het gebruik van een kleurenatlas (ook een vorm van 'meten') in par. 5.5.
Er wordt immers een schaal geïntroduceerd en daardoor ontstaan *referentiepunten voor vergelijking* en daardoor wordt een veelvormige en dynamische werkelijkheid toegankelijk.
Zo sluiten, goed exact waarnemen (observeren) en een persoonlijke verwerking van 'zakelijke' gegevens elkaar niet uit, maar in, zoals we al eerder aangaven.



Hoeie, woeie, waaien,
Is me dat een weer voor kraaien
Ik zit op een tak en ik droom al haast
maar de herfstwind komt en raast en blaast
en mijn eigen tak en de tak ernaast
beginnen geweldig te zwaaien
En ik tuimel omlaag met de bladeren mee
want de herstwind met z'n ach en wee
en zijn hoeie, woeie, waaien
heeft geen eerbied meer voor kraaien.
(uit: Daar komen de muzikanten)

Ook werd er een "windsymfonie" gedemonstreerd. De kinderen produceerden daarbij windgeluiden: snerpen, blazen, fluiten, rammelen. Ieder groepje liet de geluiden beurtelings aanzwellen en wegsterven aan de hand van een golfpatroon op papier. In deze partituut betekende een golfberg een hard geluid en een golfdal een zacht geluid.

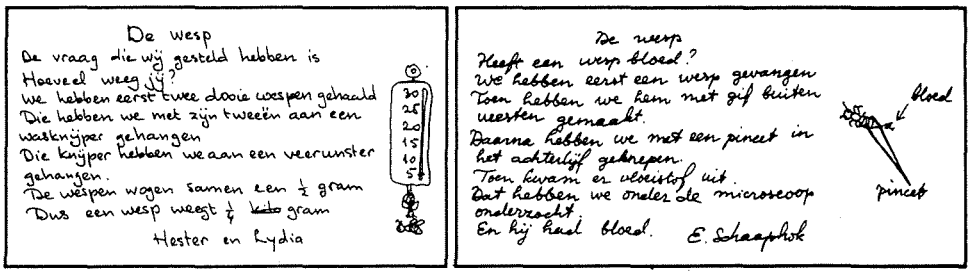


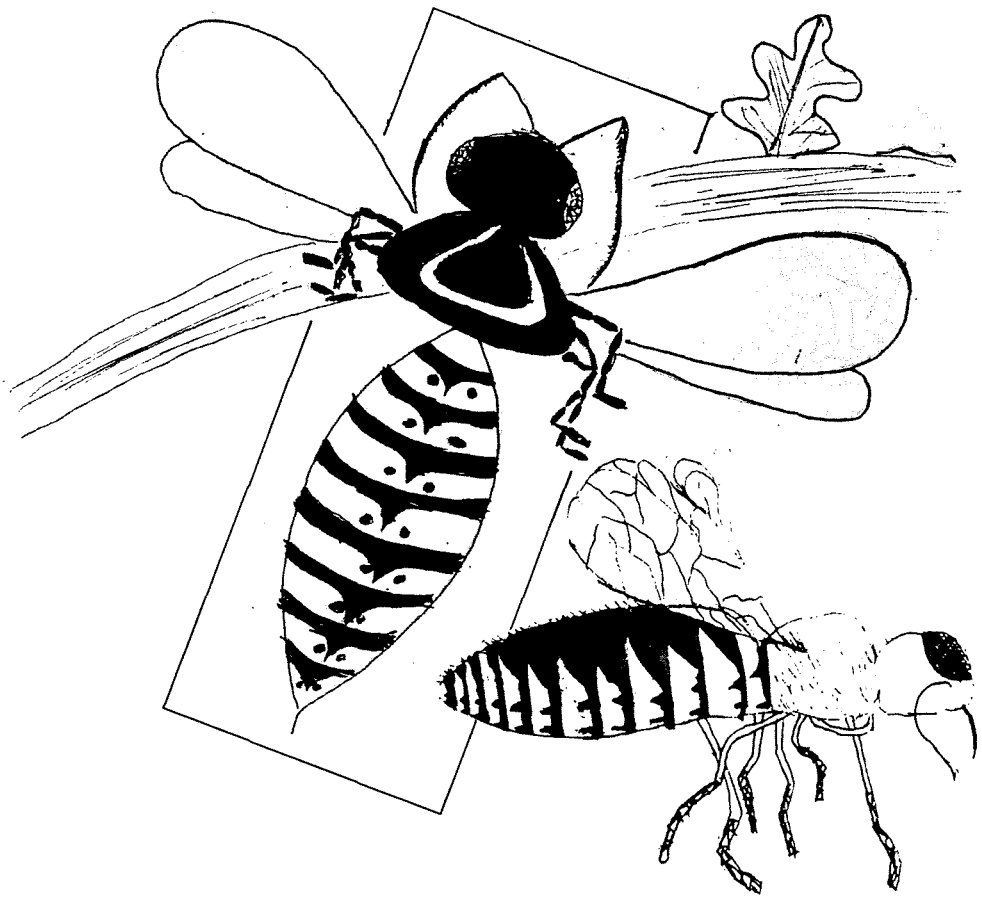
Symfonie : in windkracht 6

De Grabbelton p. 4-155

Voorbeeld 3: Wespen

Als kinderen wespen goed hebben bekeken, winnen hun tekeningen van wespen aan kwaliteit (inclusief expressiviteit!).





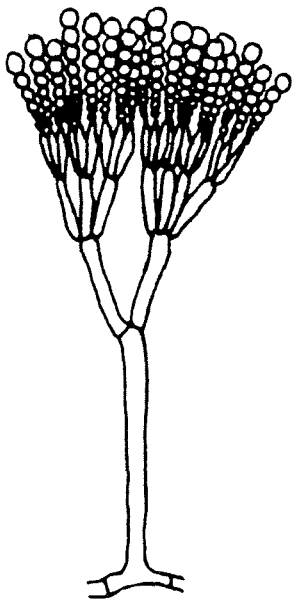
De Grabbelton p. 4-169

Voorbeeld 4: Schimmels

Het esthetische komt vooraf sterk naar voren bij het gebruik van loep en stereomicroscoop. Dieren, planten, schimmels, etc. kunnen daarmee bekeken worden.

Maar nu weer terug naar de schimmels, in klas 6. Enthousiasme bij de kinderen die "succes" hebben met hun kweek.
Teleurstelling bij het ontbreken van schimmelgroei. Op den duur delen de teleurgestelde kinderen echter in het enthousiasme van de anderen. Oorzaak daarvan is verdere uitbouw van het schimmelwerk:

- Een nieuwe impuls komt van de introductie van een microscoop (van het "twee-ogige"-type, een binoculair) in de klas. Eerst één geleend van de P.A., later zelfgekocht.*
  De aah's en ooh's zijn niet van de lucht, als de kinderen de draden en de knopjes heel groot en gedetailleerd voor zich zien. De verwondering over zoveel schoonheid is groot. Ze kunnen er niet genoeg van krijgen.
  Er is een spin tussen de schimmels gevallen, doodgegaan en beschimmeld geraakt. Een kind wil de schimmel bekijken, ziet opeens acht ogen als acht rode glimmende kraaltjes tussen de draden-wirwar.
- Kinderen gaan thuis ook schimmels kweken. Een Grieks meisje laat bijvoorbeeld allerlei zuidvruchten beschimmelen, abrikozen, pruimen en dergelijke (n.b. vruchten die eerst gedroogd zijn om schimmelen tegen te gaan!). Ze maakt er een keurig doosje van.
  Met name het kweken van schimmel op brood is zeer populair vanwege het fraaie en snelle resultaat.
- Ouders komen na schooltijd in de klas kijken, aangelokt door de enthousiaste verhalen van de kinderen over de microscoop. De vader van het Griekse meisje komt zelfs 3 à 4 keer terug.



penseelschimmel



knopschimmel

De Grabbelton p. 4-109: Schimmels

We moeten oppassen voor traditionele stereotypen; een traditionele indeling in 'leergebieden' kan ons parten spelen (128).

'Zonder natuurwetenschap bestaat het gevaar dat je door gevoelens op sleeptouw genomen wordt, met verlies van de zekere leiding van wetmatigheid, redelijkheid en feiten. Zonder ervaring en gevoelsmatige beleving loop je het risico dat je je alleen maar richt op de beschrijving van de dingen en de frisse, opwindende ervaringen mist, die de natuur kan geven. Het is het verschil tussen het beschrijven van de moleculaire structuur van een sinaasappel en het ruiken, afpellen, in partjes verdelen en proeven ervan' (130).

6.6 Begripsvorming

Waar begin je, als het om begripsvorming bij natuuronderwijs gaat? Bij de natuurwetenschappelijke begrippen, die op de kinderen 'overgedragen' moeten worden of heb je het nog over de manier waarop deze begrippen gevormd worden door/geworteld zijn in het dagelijks leven van de kinderen, van jongs af aan. Is er daarbij ook aandacht voor de manier waarop je didactisch het *proces* van begripsvorming in de natuurwetenschappen duidelijk kunt maken?
In deze paragraaf schetsen we hoe wij een *'humane begripsvorming'* zien.

Hoe het niet moet

Hoe het niet moet

> *'Wat hebben alle levende dingen nodig om te overleven?' vroeg de bezoekende bioloog aan de kinderen van de klas. Zij schreef de vraag op het bord. Mijn derdeklassers zeiden niets. Toen schoot Erik's hand omhoog.*
> 'Vrijheid' *verklaarde hij.*
> *De bezoeker stond even sprakeloos. Toen vroeg ze: 'heeft gras ook vrijheid nodig?'*
> *'Zeker', antwoordde Erik. 'Als je gras plukt of bedekt met tegels verliest het zijn vrijheid en gaat het dood'. De bezoeker schreef het antwoord 'vrijheid' niet op het bord.*
> *'Het is een aardig idee Erik, maar we zoeken naar een, laat ik zeggen 'wetenschappelijk antwoord.' De les ging op dezelfde manier verder. De kinderen deden hun best de antwoorden te vinden die de deskundige van hun verwachtte.*
> *Noah deed de suggestie dat alle levende dingen* moeders *nodig hebben. Toen zijn klasgenoten daarom lachten en bevestigend knikten, schreef de bezoeker op het bord: 'Levende dingen hebben lucht nodig'.*
> *'Snap je nu een beetje welke kant ik op wil?' vroeg ze.*
> *Noah peuterde wat aan z'n sandalen en zei niets. 'Is* huid *het goede antwoord?' vroeg Jennifer. 'Als je geen huid hebt, pompt je hart maar door en gaat alles uit je lijf'.*
> *Nee, dit waren niet de antwoorden die de bezoeker wilde horen.*
> *Eindelijk gaf ze het op. Op het bord schreef ze: 'levende dingen hebben lucht, water en voedsel nodig'.*
> *Ze ging weg. Ik nam het krijtje en schreef naast de* lucht, het water *en het* voedsel: vrijheid, moeders *en* huid' (130).

Uit dit wellicht wat karikatureel aandoende voorbeeld wordt duidelijk hoe het niet moet met de begripsvorming.
Deze voorbeelden zouden nog met vele vermenigvuldigd kunnen worden.

'Ik vroeg eens aan een student van mij, terwijl ik een ronde fles gevuld met water op een armlengte voor hem hield, om door deze fles naar het gebouw aan de andere kant van de straat te kijken en me precies te vertellen wat hij zag.
'Het is een beeld', antwoordde hij.
'Nee, vertel me wat je ziet'.
'Het is breking.'
'Nee, vertel me wat je nu *ziet.'*
'Het is een brekingshoek', hield hij vol.
'Nee, ik wil weten wat je ziet', hield ik vol.
'Het is convex.'
'Kom nou, hoe ziet dat huis er uit?'
'Ik zie een zijdelingse omkering.'
Nu gaf ik het op.

Jos Elstgeest (131)

Onderwijs, waarvan dit het resultaat is, is eerder een hinderpaal dan een stimulans voor werkelijke begrips- (of concept) ontwikkeling, zoals we al eerder aangaven, bij het bespreken van 'begrips-gericht natuurwetenschappelijk' onderwijs en de vervreemdende werking die technisch-wetenschappelijke taal zou hebben.

Kinderlijke begrippen zijn anders!

Kinderlijke begrippen zijn anders!

Je kunt je soms behoorlijk vergissen, als volwassene, als het om de begripsvorming van kinderen gaat. Dat geldt al voor een tamelijk eenvoudig begrip als 'windrichting', zoals uit onderstaand voorbeeld blijkt.

2. De windrichting

Als laatste in deze serie activiteiten rond het weer iets over de windrichting. Een klassegesprek over de wind levert de juf het idee op dat veel kinderen niet in de gaten hebben dat er, als het waait, van een bepaalde windrichting sprake is. Daarover doorvragen heeft weinig zin en ze stelt daarom voor om buiten eens uit te vinden hoe het met de richting van de wind staat. Eerst worden nog allerlei ideeën geopperd om "de wind zichtbaar te maken":

- snippers papier in de wind gooien
- zand uit de zandbak omhoog gooien
- een natte vinger in de lucht houden (weet een kind)
- met je gezicht voelen

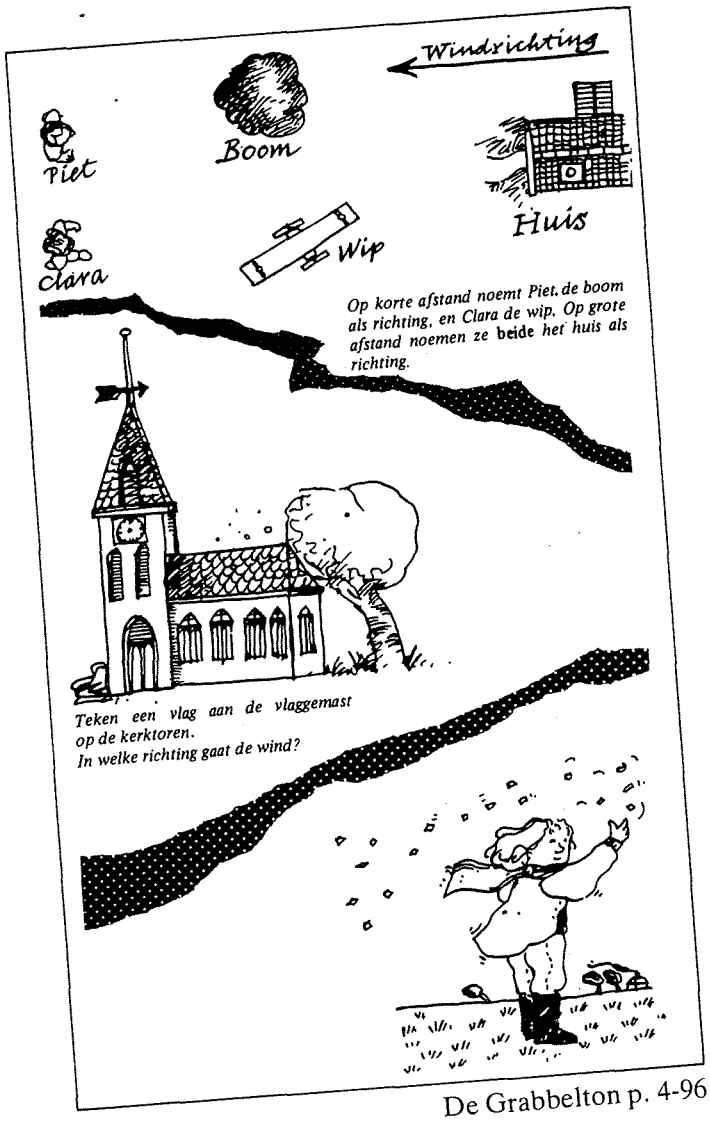
En dan naar buiten .....

Terug in de klas wordt de volgende moeilijkheid duidelijk: er is spraakverwarring over de windrichting. Sommige kinderen geven de richting aan waar de wind **heenwaait**, anderen zeggen waar de wind **vandaan komt**. Dit is het moment voor de juf om te zeggen dat het allebei goed is, maar dat je, om verwarring te voorkomen, beter één manier kunt afspreken. De grote mensen hebben afgesproken dat ze kijken waar de wind vandaan komt. Dat noemen ze de windrichting.

"De windwijzer op de toren wijst tegen de wind in!"

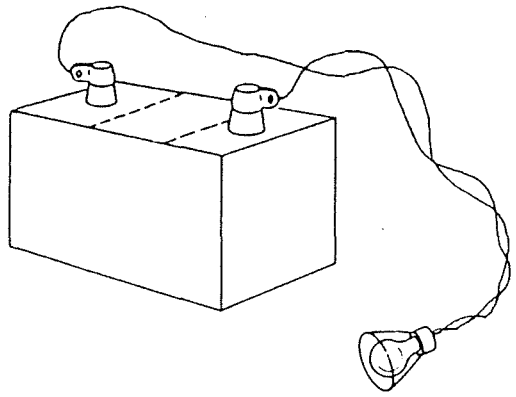
Verder blijkt dat de kinderen grote onenigheid hebben over de juiste windrichting. Ze nemen een voorwerp als

richtinggevend instrument.
"De wind kwam van het winkelcentrum".
"De wind ging naar die boom".
"De wind kwam van de vlaggemast".
Zo'n probleem is niet eenvoudig op te lossen. De kinderen zouden enige notie moeten hebben van de "evenwijdigheid" van wind. Maar die notie wordt tegengewerkt door het feit dat de wind om gebouwen, bomen en struiken en andere obstakels van richting verandert. Het is het beste om de windrichtingswaarnemingen op een open terrein te laten plaatsvinden. Daarbij is het goed om een **zeer ver gelegen** voorwerp als richtinggevend instrument te laten nemen: dan wordt de onenigheid vermeden!
Uit de beschrijving van deze activiteit blijkt dat men bij kinderen in de eerste klas niet te hoge verwachtingen mag hebben wat betreft de **kennis** over windrichting. Wel kunnen zéér veel voorbereidende ervaringen worden opgedaan waarmee in een later stadium het begrip windrichting aan de orde gesteld kan worden.



De Grabbelton p. 4-96

Er wordt de laatste tijd weer veel onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van natuurwetenschappelijke begrippen bij kinderen (132), vanuit het idee dat je *eerst* moet onderzoeken hoe kinderen de dingen begrijpen om *daarna geleidelijk* deze kinderlijke denkwijzen over te laten gaan in een meer planmatige aanpak van het onderwijs. Het blijkt bijvoorbeeld, dat natuurwetenschappelijk gezien, 'verkeerde' ideeën blijven voortleven, ondanks het onderwijs.
Zo antwoordden kinderen van 7-18 jaar op de vraag:



accu uit de auto

'Zit er elektrische stroom in de batterij?', onder andere:
'Ja, als het niet opgebruikt is.' (16 jaar)
'Het is er wel, maar het stroomt niet.' (16 jaar)
'Ja... hetzelfde als wanneer ze verbonden worden.' (18 jaar)
'Ja... want het ding is gemaakt om elektriciteit te leveren.' (10 jaar)
'Ja... omdat er een licht zou gaan branden, als je ze met elkaar verbindt.' (14 jaar)
Heel veel antwoorden van 7-14 jarigen en van 16-18 jarige natuurkundestudenten lijken in veel opzichten op elkaar.
Het denken, bijvoorbeeld in termen van deeltjes (atomen, moleculen), wat af en toe zelfs in de basisschool door onderwijsgevenden wordt geïntroduceerd of 'binnenkomt' via andere informatiebronnen (TV, populair wetenschappelijke boeken) is voor kinderen in de basisschool, die nog zo aangewezen zijn op het zicht- en tastbare wezenlijk vreemd. Dat geldt trouwens ook nog voor kinderen in de eerste leerjaren van het voortgezet onderwijs. Dat wil niet zeggen dat je niets kunt doen aan het leggen van een fundering voor later begrip van zulke theorieën, van 'onderaf' werken dus.

Begripsvorming van onderaf: een voorbeeld

Natuurwetenschappelijk gezien is het *deeltjes*-begrip, dat is het idee dat alle materie is opgebouwd uit kleine, alleen met zeer bijzondere hulpmiddelen zichtbaar (soms alleen als uitslag op een meter) te maken deeltjes, die samen kenmerkende structuren vormen, zeer belangrijk.
Daarbij komen moleculen en atomen in het vizier als potentieel onderdeel van de leerstof voor natuuronderwijs op de basisschool. Kun je deze begrippen onderwijzen? In directe zin niet, omdat de kinderen nog sterk aan zintuiglijk en handelingsdenken gebonden zijn. Toch kan het begrip van moleculen en atomen in het perspectief gezien worden van ervaringen, die in de basisschool opgedaan zijn.
Het begint bijvoorbeeld met het bezig-zijn met kleine dingen: zand, zaagsel, poeders. Zand kan bijvoorbeeld door middel van een serie zeven (in de handel) gesplitst worden in deeltjes van verschillende grootte, tot stof-vormig toe. Die deeltjes kunnen worden bekeken onder de loep en binoculair en blijken dan details te bevatten, die met het blote oog niet te vermoeden waren.
Een muur, onder een loep bekeken, blijkt een landschap te zijn met bergen en dalen, waarin allerlei gedierte rondkruipt. Een watervlo onder de microscoop blijkt een zeer indrukwekkend beest, onder een nog sterkere vergroting is de ontwikkeling van de eieren in de broedzak waar te nemen. In eenzelfde sfeer ligt het bekijken van wieren, eencellige dieren, de cellen in een uieschil, etc., etc.
Een kleine steen kan veel zwaarder zijn dan een grote, in tegenstelling tot voorspellen-zonder-te-voelen. Hoe kan dat?
In dit geval komen kinderen vaak tot een soort deeltjes-vermoeden (creatieve fantasie!), als een intuïtief gevoel voor 'dichtheid' van de stof.
Wat gebeurt er als je kleurstof in water druppelt? Je ziet de kleur uitwaaieren en dunne draden en dan... wat gebeurt er dan?
Je kunt stoffen oplossen/verdunnen, waarvan je voorts weer verdunningen maakt, etc. Wat hou je over?
Dit zijn allemaal activiteiten, die te maken hebben met *grootte en schaal, in het heel kleine*, en daardoor bij kinderen vermoedens kunnen oproepen van een opbouw van de materie in deeltjes.
Het werken met 'verzegelde dozen' (dozen met een voorwerp erin, welk voorwerp alleen bepaald mag worden door *handelingen met* de doos en het werken met analoge *modellen*, dat wil zeggen dingen waarvan je vermoedt dat het erg lijkt op het ding in de verzegelde doos en hoe die zich in een doos gedragen, vergeleken met het ding in de verzegelde

doos) draagt ook bij aan het begrip voor dingen die je niet kunt zien, alleen indirect kunt benaderen in de vorm van modellen.
Zie hiervoor: *Kees Both – Vraag het de dozen zelf maar! Pedomorfose nr. 24.*
Een fysische en chemische molecuul- en atoomtheorie zal ergens in het voortgezet onderwijs aan de orde kunnen komen. Het kan dan zijn wortels hebben in vroegere ervaringen, die *onder andere* (dus niet exclusief!) in dit perspectief gezien kunnen worden. Hetzelfde geldt voor een deeltjes-theorie op het terrein van de biologie. Als we omgekeerd te werk gaan, lijkt het teveel op het didactische 'verdunningssysteem', waarbij de leerstof vanuit de wetenschap, van bovenaf naar 'lagere' schoolsoorten afdaalt, in 'verdunde' vorm. Dit 'verdunningsprodukt' heeft meestal geen zinvolle relatie, noch met wetenschap, noch met de leef- en belevingswereld van kinderen.

Begrippen als achtergrond voor onderwijsgevenden

Ook kunnen begrippen voor *onderwijsgevenden* een achtergrond vormen om kinderen te helpen hun ervaringen te ordenen, zonder dat dit tot directe overdracht van een begrip (als *woord*) leidt.
Een voorbeeld:

In een tweede klas lagere school vindt een project plaats over 'water in huis'. De kinderen houden daarvoor thuis een dag bij waarvoor en waarbij die dag water gebruikt wordt. Ze doen dat in de vorm van tekeningetjes.
*Deze tekeningen worden in de groep getoond en toegelicht. Daarna vindt ordening plaats. De kinderen knippen de afzonderlijke tekeningetjes uit en moeten per groepje nagaan hoe ze de tekeningetjes van hun groepje zullen indelen – wat bij elkaar hoort en waarom. Met behulp van ideeën uit de groepjes wordt op het prikbord een klassikale collage gemaakt met groepen van dingen die bij elkaar horen – ook vanuit het gezichtspunt van dingen die iets 'met elkaar' doen, waarmee iets in relatie tot elkaar gedaan wordt – bijvoorbeeld 'dingen voor de afwas': het afwas*systeem, *waartoe diverse componenten behoren, vanaf die alleen in relatie tot elkaar betekenis hebben.*
Binnen dit 'afwassysteem', zijn sub-systemen te onderscheiden, bijvoorbeeld het sop als water-zeep-subsysteem.
Zonder dat het woord 'systeem' valt, speelt het begrip 'systeem' wel degelijk een rol als een door de onderwijsgevende ingebrachte wijze van ordenen.



SYSTEMEN van interactie uitoefenende voorwerpen

Een zeer bruikbaar begrip in de natuurwetenschap, en dus in natuuroriëntatie, is het begrip van 'systemen'. Het helpt ons om in de gaten te houden waar het (ons onderzoek) precies om gaat. Het helpt ons zaken niet te verwarren. Het helpt ons te zoeken naar een oplossing voor een probleem daar waar het werkelijk te vinden is: binnen het bepaalde systeem dat we voor ogen hebben.
Wat bedoelen we dan met 'systeem'?

Van Dale begint aldus:

> 'Systeem , o. (systemen), vert. systema (Gr.-Lat.), o. (-'s), 1. Stelsel, geleed en geordend geheel, complex, geschikt volgens een geordend beginsel: ...' ... en nog veel meer.
>
> Een andere definitie luidt:
>
> 'Een systeem is een geheel dat bestaat uit verwante delen'

Laten we eens zien wat we aan deze definities hebben:

Het woord wordt in het Nederlands niet al te vaak gebruikt, maar we kunnen ook enige van Van Dale's vertalingen beschouwen. Probeer de bovenstaande definitie eens te gebruiken om de volgende 'systemen' te analyseren in hun samenstellende delen.





1: Het Zonnestelsel

Andere voorbeelden van stelsel of systemen, die uit delen met een gezamenlijke functie bestaan (en zo een te onderscheiden geheel vormen), kunnen we overal rondom ons aantreffen, ofschoon we er niet aan gewend zijn om ze met het woord 'systeem' aan te duiden:

2: Het Kaartsysteem
- Een schrijfmachine
- Een auto
- Een radio
- Een
- Een
- Een
- Een

Afgezien van gezamenlijke-functie systemen, kunnen we 'systemen' ook nog een klein beetje anders benaderen.

Als we een draad nemen om een batterij met een lampje te verbinden, dan creëren wij een systeem. We zouden dit het batterij-draad-lamp-systeem kunnen noemen.

De delen van dit systeem zijn meer onderscheiden van elkaar, meer apart, dan de delen van het spijsverteringssysteem. Batterijen, draad en lampjes kunnen in afzonderlijke laden opgeborgen worden. Het enige deel van het spijsverteringssysteem dat mogelijk apart opgeborgen kan worden, zou een vals gebit zijn.

De delen van het batterij-lamp systeem (die we 'voorwerpen' noemen) zijn: de batterij, de draad en de lamp. Ze kunnen onderling verbonden zijn, of gescheiden. Het geeft niet waar we deze voorwerpen opbergen: ze blijven te samen een 'systeem' vormen.



Jos Elstgeest – Fundamentele Natuurwetenschappelijke begrippen, Regionaal Pedagogisch Centrum, Zeeland.

Beleven van het proces van natuurwetenschappelijke begripsvorming

Hierbij volstaan we met een voorbeeld, dat model staat voor vele andere situaties en niet alleen voor het identificeren van planten en dieren.

Bomen en struiken (kenmerk nr 7)
In een emmer staan een aantal wintertakken, afkomstig van 4 tot 6 verschillende soorten, van elke soort enkele exemplaren. Elke groep heeft een emmer met takken.
Opdracht 1 is: Zoek de takken bij elkaar die volgens jullie bij elkaar horen en maak daar groepjes van. De resultaten van deze uitzoekerij worden vanuit de groepen gerapporteerd, zonder de takken te laten zien.
Daarbij zullen de groepen al kenmerken moeten formuleren! De leerkracht vraagt na de rapportage van een groep of de anderen het begrepen hebben. Zo niet dan moet de groep het duidelijker onder woorden brengen. Gebruikte termen die niet begrepen worden moeten worden omschreven, namen van soorten worden niet genoemd.
De verschillende indelingen worden met elkaar vergeleken. De indeling naar soorten ligt voor de hand en zal daarom het meest voorkomen. De takken worden per soort genummerd. Aan elke tak wordt het soortnummer bevestigd.
Opdracht 2 (per groep kinderen uit te voeren): Beschrijf de takken; van elk nummer één tak, zonder erbij te zetten om welk nummer het gaat. De beschrijvingen worden uitgewisseld tussen de groepen onderling.
Opdracht 3: Zoek uit aan de hand van de beschrijvingen die door de kinderen van de andere groep zijn gemaakt over welke takken het gaat. Zet bij elke beschrijving het nummer dat er volgens jullie bij past. Er kan nu samen een lijst worden opgesteld van kenmerken van wintertakken.
Deze zelfgemaakte lijst wordt vergeleken met een lijst van kenmerken in officiële vaktermen. Dit kan het beste gebeuren door middel van een zogenaamd ,,informatieblad'' – een stencil met een duidelijke tekening van een wintertak met de gebruikte vaktermen erbij aangegeven.
Welke woorden vinden we het duidelijkst weergeven wat er bedoeld wordt?
Welke kenmerken hebben wij ontdekt die niet op het informatieblad staan?
Welke staan op het informatieblad die wij niet gevonden hebben?

Vanuit de voorgaande ervaringen kunnen de kinderen begrijpen dat eensluidende terminologie belangrijk is voor de onderlinge kommunikatie. Zelfgekozen begrippen mogen wel gebruikt worden, mits maar wordt omschreven wat ermee wordt bedoeld. Het aantal en de formulering van de geïntroduceerde kenmerken moet afgestemd worden op de ontwikkelingsfase van de kinderen.
Aan de hand van de officiële vaktermen kunnen dezelfde takken nu opnieuw worden bekeken en beschreven. In de officiële beschrijving ontbreken nog al te vaak kenmerken die betrekking hebben op de reuk-, smaak- en tastzin. Die zullen we aan de beschrijving moeten toevoegen.

Bleyerveld/Both/Teernstra (1977), Het gebruik van de schoolomgeving, p. 52

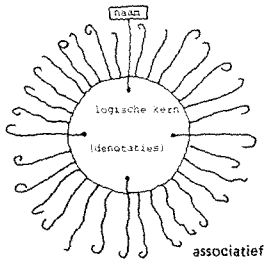
Bij deze manier van werken kunnen ook *emotionele en esthetische kwaliteiten* aan de orde komen, heeft de *beleving* een kans.

In dit verband geven we weer eens de samenvatting weer van het begrip 'begrip', zoals dat eerder in De Grabbelton gepubliceerd werd.

Brainstormen als creatief proces 4)

Een thema wordt aangeduid door een woord of een korte zin:
"Bomen", "Van graan tot brood", "Zuivel", "Wind".
Achter deze woorden (namen) gaat een wereld van betekenissen schuil. Die betekenissen zijn in het geheugen van individuele mensen opgeslagen en in allerlei bronnen vastgelegd. Samen vormen die betekenissen de inhoud of "vulling" van de cognitieve voorstelling die we aanduidend als **"begrip"** of **"concept"**.

Die inhoud is bij verschillende individuele mensen ontstaan door allerlei ervaringen die, in de tijd gezien, op verschillende momenten zijn opgedaan. Maar de "neerslag" (representatie) daarvan in het bewustzijn is toch een zeker geheel gaan vormen. De levenservaring van al die individuele mensen is verschillend. De inhoud van een bepaald begrip zal daardoor ook verschillen. Maar bij al die verschillen zijn er toch ook sterke overeenkomsten. Een bepaald begrip bevat namelijk, naast individuele betekenissen, ook algemeen geaccepteerde betekenissen.
Als je vrij laat associëren over het begrip "boom", dan zal vrijwel iedereen het hebben over "stam", "takken", "bladeren", "wortels", "vruchten", "hout", "schors".
Er is dus zoiets als een **logische kern** van het begrip "boom", namelijk aspecten die er **per definitie** bijhoren.
Daarnaast komen allerlei **associaties**, die te maken hebben met de **persoonlijke levensgeschiedenis** van mensen, meestal verbonden met emoties, zoals: "boomhut" en "haardvuur", "karakter van bomen".
In beeld gebracht (volgens Schaefer).



De "haren" en "haken" geven de relaties met het dagelijks leven, de "leefwereld" aan.

associatief netwerk (connotaties)

Elk sub-begrip roept weer nieuwe associaties op, 5) bijvoorbeeld:

stam → schors → groeven → patroon/structuur
↓
diepte
↓
dieren in de schors

Door **interactie** van enkele mensen wordt dit **proces versneld en geïntensiveerd.** Dit geldt zowel voor de "logische kern" van het thema als voor de persoonlijke associaties. Samen krijgen we meer ideeën op tafel dan de som van ieder's afzonderlijke ideeën-produktie.
Daarbij is het belangrijk van tevoren af te spreken hoe breed of smal het thema in deze fase opgevat wordt.
Gaat het over "bomen in het algemeen", zo ruim mogelijk dus, of weten we eigenlijk al dat het gaat om "bomen en het landschap", of iets dergelijks. In het eerste geval zeggen we tegen elkaar: "de afgrenzing van het thema en de keuze uit het geheel komt later wel".

Het zal duidelijk zijn dat grenzen van vakken bij dit vrije associëren geen barrières mogen vormen.

De Grabbelton, p. 5-93

Enkele begrippen

Aan het eind van deze paragraaf over begripsvorming geven we enkele voorbeelden van natuurwetenschappelijke *begrippen* en *principes* die ons belangrijk lijken, maar waarvan de legitimering niet alleen aan de natuurwetenschappen ontleend kan worden, zoals we al zagen in 4.2. Hun betekenis ligt in hun 'samenvattende' en 'ontsluitende' functie en wel in relatie tot allerlei alledaagse verschijnselen en gezien in het licht van voortgezet natuurwetenschappelijk onderwijs, hun bijdrage ook aan de vorming van een wereldbeeld.
Daarbij willen we met nadruk stellen *dat niet begrippen onderwezen moeten worden, maar dat door het ontdekkend-onderzoekend bezig-zijn met verschijnselen aan de vorming van deze begrippen gewerkt kan worden.*
Dan nu de voorbeelden:

- kracht, hefboom, krachtbronnen (lichaamskracht, paardekracht, warmte, 'zwaartekracht', bewegend water en bewegende lucht), energie, vormen van energie, hefboom, overbrengingsmechanismen als tandwielen en aandrijfriemen, wrijving;
- elektrische stroom, stroombronnen (batterij, dynamo), spanning, stroomkring, geleiders, isolatoren, schakeling, magnetisme, elektro-magnetisme, statische elektriciteit;
- patroon;
- structuur;
- stevigheid;
- relatie van vorm/materiaal en functie bij levende organismen en door de mens geconstrueerde dingen;
- verbindingen: vaste en beweeglijke, sluitingen;
- stoffen, mengsel, oplossing;
- vloeistof, vaste stof, gas (de 'realiteit' van lucht!);
- gewicht;
- warmte, warmtebronnen (zon, wrijving, gisting, elektriciteit-weerstand), isolatie en geleiding;
- grootte, verhoudingen in ruimte (van heel groot tot heel klein) en tijd, schaal, exponentiële groei;
- veranderingen in stoffen;
- systeem en sub-systeem;
- schaduw (platte afbeelding van de omtrek, contour van een voorwerp waarbij de vorm afhangt van de positie in de lichtbundel), projectie;
- omloop van zon (dagelijks en in loop van het jaar) en maan;
- leven, dood, levenloos;
- grond, bodem, gesteente(n), erosie;
- verscheidenheid in levende organismen en andere stoffen en materialen;

- kringloop van stoffen (eenvoudige, zelf waar te nemen voorbeelden) als voorbeeld van het behoud van materie;
- verdampen en condenseren;
- voedselrelaties, voedselketen (niet: biologisch evenwicht, voedselpyramide, ecosysteem!);
- relatie van een bepaalde soort plant of dier met het levende en niet-levende milieu: biotoop;
- voortplanting, groei en ontwikkeling, levenscyclus van verschillende organismen (typen);
- spiegels, spiegelbeeld, vlakke, bolle en holle spiegels;
- geluid, trilling, transport, geluidsbronnen (waaronder verschillende soorten muziekinstrumenten), toon, luidheid, klankkleur;
- lenzen, verkleinen, vergroten, brandglas;
- kleur (verscheidenheid, nuances), primaire en secundaire kleuren (mengen en filteren), functies (in planten-, dieren- en mensenwereld), betekenis (in mensenwereld);
- verscheidenheid, ordening.

Bij het opschrijven van deze begrippen bekruipt me voortdurend een gevoel van onbehagen, omdat je weer merkt dat je er elke keer een *context van activiteiten* bij bedenkt (134). En dat is maar goed ook! Los van zo'n context van activiteiten met concrete verschijnselen, voorwerpen en organismen zegt zo'n lijst niets.
Toch is het denken in begrippen en begripsvorming, hoe abstract ook, een belangrijke component van de leerplanontwikkeling voor natuuronderwijs in de basisschool. Het gevaar van verbalisme is, zoals we zagen, levensgroot en aanwijsbaar (zie de methodes!!).

6.7 Natuuronderwijs als ontdekkend-onderzoekend onderwijs

In het voorgaande (hoofdstuk 3) is 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' beschreven onder de gezichtspunten van begrippenstructuren, natuurwetenschappelijke vaardigheden (de 'proces'-benadering) en natuurwetenschappelijke houdingen. Over de laatste twee van dit rijtje zullen we in deze paragraaf enkele concluderende opmerkingen maken onder het gezichtspunt van een 'humane natuurwetenschap' en met het oog op kinderen van de basisschoolleeftijd. Natuurwetenschap is, zo zagen we in § 6.1 een *menselijke activiteit*, waarbij men zich in het beste geval bewust is van de reducties die men toepast in het benaderen van de werkelijkheid en van de

machtsfactoren die een rol spelen in het beoefenen van de natuurwetenschappen. Het zal duidelijk zijn dat het klassikaal-frontaal 'overdragen' van natuurwetenschappelijke 'feiten' en 'begrippen' de groei van zo'n 'methodisch bewustzijn' niet bevorderen, maar verhinderen. Een humane natuurwetenschap vereist op het niveau van de basisschool het ontdekkend-onderzoekend bezig-zijn van de kinderen, zowel vanuit de doelstellingen (streefrichting) gezien, als vanuit de kinderen.
De doelstellingen hebben consequenties voor de te gebruiken werkvormen. Het recht doen aan de kinderen heeft dat eveneens.

Alle beschrijvingen van 'kinderen als natuurwetenschappers' hebben het over kinderen die vragend, ontdekkend, onderzoekend met de materiële omgeving omgaan. Dat geldt al voor heel jonge kinderen (zie de beschrijving van het kind in de duinen, van N. Tinbergen). Er is blijkbaar een sterke affiniteit tussen het kinderlijke bestaan en het werk van natuurwetenschappers en wetenschapsmensen in het algemeen: willen weten over het hoe, waardoor, waartoe, waar vandaan, waarheen en waarom? De natuurwetenschappen hebben het denken over deze vragen sterk beïnvloed. De natuurwetenschappen hebben *als natuurwetenschap* niet het laatste antwoord op zulke vragen.

Natuurwetenschappelijke vaardigheden niet los verkrijgbaar

Nu doet zich de vraag voor hoe doelstellingen op dit gebied het best beschreven kunnen worden in een schoolwerkplan. Je kunt een aantal *natuurwetenschappelijke vaardigheden* beschrijven, met per vaardigheid enkele activiteiten, maar het gevaar is dan groot dat deze activiteiten het karakter krijgen van *oefeningen* om deze vaardigheden in te oefenen. Dat gevaar is des te reëler, omdat met name in het kleuteronderwijs toch al sterk in deze termen van *formule vorming* gedacht wordt, wat heel vaak tot tamelijk 'technisch' onderwijs leidt, los van de vraag of de inhouden die aan de orde zijn op zichzelf interessant zijn. Kinderen zijn namelijk primair geïnteresseerd in *inhouden*: ze willen iets weten over. De onderwijsgevende kan deze motivatie gebruiken om ook deze onderzoeksvaardigheden in het spel te brengen, maar dan in tweede instantie, als ondersteuning van het ontdekkend-onderzoekend bezig-zijn.
Ook hier doet zich weer, net zoals bij de begripsvorming, de noodzaak voor van het aangeven van een context. Los van zo'n context hou je alleen een aantal ziel-loze (en zin-loze) technieken over, die met de 'spirit' van natuurwetenschappe-

lijk-bezig-zijn-op-zijn-best niets te maken hebben en ook geen recht doen aan de kinderen.

Voorbeelden van natuurwetenschappelijke werkwijzen en houdingen als doelen

Met die bedenkingen en beperkingen in het achterhoofd geven we een aantal voorbeelden van *natuurwetenschappelijke werkwijzen* en *houdingen* die als doelstelling zouden kunnen functioneren:

- onderscheid kunnen maken tussen vragen die door eigen onderzoek beantwoord kunnen worden en vragen die je door het raadplegen van secundaire bronnen (gedrukte materialen en bevragen van mensen) kunt beantwoorden;
- gericht kunnen waarnemen (observeren), dat wil zeggen met aandacht een tijd lang naar een bepaald verschijnsel kunnen kijken;
- bewuster waarnemen, meer details waarnemen;
- hulpmiddelen voor het waarnemen (bijvoorbeeld een loep) juist kunnen hanteren;
- kunnen classificeren volgens zelfgekozen en gegeven kenmerken;
- het verschil tussen proeven en eten kennen en zich bewust zijn van andere veiligheidsaspecten van het waarnemen;
- gedurende langere tijd metingen doen aan een verschijnsel en deze in een grafische vorm vastleggen: de zo ontstane grafiek kunnen interpreteren;
- uitspraken over waarnemingen controleren bij andere waarnemers en zo mogelijk aan het verschijnsel zelf;
- inzicht in de structuur van een eenvoudig vergelijkend experiment, waarbij enkele gemakkelijk herkenbare en controleerbare factoren (variabelen) aanwezig zijn;
- zelf een eenvoudig vergelijkend experiment kunnen ontwerpen, uitvoeren en evalueren;
- onderscheid kunnen maken tussen feiten, vermoedens en meningen.

Vragen als uitgangspunt

De context waarbinnen zulke doelstellingen zinvol aan de orde kunnen komen, heeft in het optimale geval betrekking op *eigen vragen* van kinderen (spontaan of gewekt), die door onderzoek aan de verschijnselen zelf beantwoord worden. Dan wordt het meest recht gedaan aan de natuurwetenschappelijke kant van natuuronderwijs! Daarom wordt verwezen naar een bepaalde *fasering* (135)
in de aanpak van een thema, die garanties inhoudt dat ontdekken en onderzoeken tot kun recht kunnen komen:

a. *Confrontatie* met verschijnselen en materialen, spontaan of georganiseerd in allerlei vormen (observatiekring, paden en sporen, aanrommelen of open verkenning, ontdek-

tafel, etc.).
Hierbij ligt het accent op het *ontdekken*, op het creatieve van spontane invallen, etc.
Een resultaat daarvan wordt tenminste verder uitgewerkt, namelijk die dingen die de kinderen nog verder willen weten: *vragen*.

b. Aan deze confrontatie ontspringen dus *vragen*. In een *tussengesprek* worden deze *geïnventariseerd* (tijdens het aanrommelen zelf zijn kinderen vaak veel te sterk geobsedeerd door de materialen om al iets te noteren) en *genoteerd* (bijvoorbeeld op het bord).

c. Deze vragen worden bekeken op de *wijze van beantwoording*, zo nodig nog *verhelderd* en uit een aantal vragen worden *operationele vragen geformuleerd*, die door middel van onderzoek beantwoord kunnen worden. Hierna wordt een aantal van deze *vragen gekozen* die daadwerkelijk onderzocht zullen worden.

d. Nu volgt de fase van het *onderzoek*.
Dit onderzoek moet eerst door de betreffende kinderen *gepland worden* en daarna *uitgevoerd*, *inclusief een vorm van verslaggeving* en de *terugkoppeling naar de vraag* (in hoeverre is deze beantwoord?).

e. Het onderzoek mondt uit in een *verslagkring*, waarin de opzet en uitkomsten van het onderzoek worden *gepresenteerd* aan de hele groep en *geëvalueerd*. Vaak zullen daaruit meer vragen overblijven dan er aan het begin waren.

f. Eventueel komt er een *herhalingsonderzoek* (na veel kritiek of veel twijfels).

g. De groepsleid(st)er kan de onderzoeksfase afsluiten door de resultaten daarvan te plaatsen in een groter geheel, in een *les achteraf*, waardoor een niveausprong wordt gemaakt, de verworven gegevens in een ruimer theoretisch kader komen te staan.

h. Sommige kinderen zullen eventueel nog doorgaan met het onderzoek van deelaspecten (in een hoek bijvoorbeeld).

Zie hier een mogelijke fasering van een *heuristiek* van ontdekkend-onderzoekend leren.
Zie over het 'aanrommelen' als confrontatievorm het afzonderlijke visiestuk daarover.

Het bewust stellen van vragen neemt een sleutelpositie in, omdat zo'n vraag een instrument is voor het selecteren van gegevens (136). Het onderzoek kan de vorm hebben van een 'experiment' of van vergelijkende waarneming zonder dat factoren (variabelen) onder controle gehouden worden. Door zo bezig te zijn kunnen kinderen zich ook bewust worden van het reductieproces. Daarvan enkele voorbeelden:
Na het 'aanrommelen' met zeepsop krijgen de kinderen de gelegenheid om vragen te stellen over het materiaal.
Daarbij is de vraag: 'Waarom zijn er zulke mooie kleuren?'. Zo'n vraag moet een bepaalde *bewerking* ondergaan, voordat het tot onderzoek kan leiden. Wat betekent in dit verband trouwens het vragend voornaamwoord 'waarom'? Wordt daar echt 'waarom' mee bedoeld in de betekenis van een vraag naar de *zin* van dit gebeuren, een wijsgierige vraag dus? Of wordt er gevraagd naar het *'waartoe'*: de vraag naar de functie of het doel? Of wordt er gevraagd naar de *oorzaak*: 'hoe komt het dat...'? 'Welke factoren zijn van invloed op...?'

De filosofische vraag en de vraag naar het doel zijn in dit geval niet operationaliseerbaar in empirisch onderzoek. (In de biologie en de mens-wetenschap is de doel-vraag wel zinvol!) Vragen naar oorzaken zijn dat in principe wel. Maar in dit bijzondere geval is het niet zo eenvoudig. De kleuren ontstaan namelijk door breking en terugkaatsing van opvallend licht in hele dunne vliezen, zogenaamde interferentieverschijnselen. Je kunt wel een aantal *voor-vragen* stellen, die leiden tot *preciezer waarnemen en* vergelijken met soortgelijke verschijnselen en situaties, bijvoorbeeld:
- Welke kleuren zie je dan? Teken ze eens.
- Kijk eens goed naar de kleuren, zijn en blijven ze steeds hetzelfde?
- Heb je deze kleuren wel eens vaker zo gezien?
- Was dat echt hetzelfde?
- Wat kun je nog meer allemaal aan kleuren ontdekken en welke vragen heb je nog meer over kleuren?

Dit levert nog geen verklaring = antwoord op de vraag op, maar kan wel de belangstelling en deskundigheid op dit punt vergroten, zodat een eventuele moeilijke verklaring in een weltoebereide akker valt, als deze al begrepen zou kunnen worden. Als het nog te moeilijk is voor de kinderen (stel dat we zelf de verklaring theoretisch 'kennen'!), dan moeten we dat ook eerlijk zeggen. Een activiteit rond die kleuren die tot nog beter waarnemen leidt, staat hieronder getekend.



Tenslotte nog dit:

- tot nu toe is het 'ontdekken' in het project NOB ruim aan de orde geweest, het 'onderzoeken' veel minder; het verdient aanbeveling daaraan bij de ontwikkeling meer aandacht te geven; het vormgeven aan 'ontdekken' is voor veel onderwijsgevenden moeilijk, het vormgeven aan 'onderzoeken' is dat om andere redenen zeker ook ;
- ontdekken en onderzoeken, natuurwetenschappelijk bezig-zijn in de basisschool, wordt *begrensd door zorg voor planten en dieren en dingen*, zeker voor dieren! Anders maken we van kinderen zeker kleine technocraatjes;
- in het verlengde hiervan ligt de eis dat we de dingen, planten en dieren zoveel mogelijk *opzoeken in de context waarbinnen ze 'van nature' voorkomen of gebruikt worden* en dat 'isolering' door de studie van organismen, dingen of onderdelen daarvan binnen de schoolcontext daarvan een aanvulling (en geen vervanging is!); het is bijvoorbeeld niet verantwoord takken te bestuderen zonder de boom te bekijken; een boom is meer dan een verzameling takken;
  als er kleine dieren verzameld worden (in een bos of een sloot) zullen de kinderen eerst moeten proberen iets over de dieren en hun leefwijze te weten te komen zonder hun milieu te verstoren: eerst rustig bij de sloot kijken en pas

daarna het schepnet hanteren;
- vanouds is 'kennis' qua betekenis verbonden met 'liefde' (137); dat geldt als het goed is ook voor natuurwetenschappelijk bezig-zijn in de school; 'liefde' vertalen we in dit verband met *verwondering*: daar komt het vooral op aan;
- er zal, zeker in de bovenbouw van de basisschool (10-12 jarigen), aandacht gegeven moeten worden aan de historische achtergrond van de natuurwetenschappen. Bijvoorbeeld in:
  - bestuderen biografieën van natuurwetenschappers
  - aandacht voor originele bronnen, van 'echt' natuurwetenschappelijk onderzoek, bijvoorbeeld van Tinbergen, Lorenz, Linnaeus, Huijgens, etc.; dan komt de menselijke factor ook duidelijk aan de orde;

De pedagogische waarde van de natuurwetenschap in de basisschool

- van groot belang bij dit alles is de *pedagogische waarde*, die daarin ligt dat kinderen voor antwoorden op hun vragen niet afhankelijk zijn van de autoriteit van de onderwijsgevende; de dingen *zelf* hebben een antwoord op de vragen en met name in situaties waarin er toch al een kloof gaapt tussen de taal die thuis gesproken wordt en de school-taal is dit van heel groot belang; kinderen kunnen zo meer controle krijgen over hun eigen situatie;
- leren natuurwetenschappelijk bezig te zijn, problemen op die manier aan te pakken, levert een bijdrage aan wat Philip Kohnstamm noemde: het leren denken onder eigen verantwoordelijkheid.

7. Slot

In het vorige hoofdstuk is beschreven welke betekenis een natuurwetenschappelijke aanpak heeft voor natuuronderwijs in de basisschool.
Regelmatig werd ook aangegeven dat natuuronderwijs in de basisschool niet opgaat in 'natuurwetenschappelijk onderwijs'.
Daarbij denken we aan:

- de relatie tussen de verschillende inhoudelijke terreinen *binnen* 'natuurwetenschappelijk onderwijs', ja bestaat er wel zoiets als 'algemeen natuurwetenschappelijk onderwijs', dat biologie, natuurkunde, chemie, sterrenkunde, etc. omvat. (Zie katern 1 van deze serie!);
- de context (het zin-volle verband) waarbinnen natuurwetenschappelijke begrippen en vaardigheden in de basisschool aan de orde kunnen komen; in katern 1 is gewezen op basisbehoeften van mensen, die zo'n context kunnen bieden en waardoor deze begrippen en vaardigheden voor individuele kinderen een plaats krijgen, plus dat er recht gedaan wordt aan het maatschappelijk belang van de natuurwetenschappen;
- het feit dat natuurwetenschap als reductieproces veronderstelt dat er een primaire, meer omvattende (natuur-) werkelijkheid is.

Deze kwesties brengen ons bij de antropologie, de ontologie (= de leer van de geleding van de werkelijkheid) en de natuurfilosofie. In katern 1 werden deze ook al aangestipt. In het derde katern zullen deze zaken verder uitgewerkt worden.

Aantekeningen/noten

1. Zie bijvoorbeeld
   Blough, G.O./J. Schwartz (1974), Elementary School Science and How to Teach it, Holt/Rinehart/Winston, New York/London.
   Booth, N., a.o. (1981), The nature of science, Association for Science Education/Heinemann, London.
   Carin, A.A./R.B. Sund (1970), Teaching Science through Discovery, Ch. Merrill, Columbus, Ohio.
   Ennever, L./W. Harlen (1973), With objectives in mind, Macdonald Educational, London.
   Rowe, M.B. (1973), Teaching Science as a Continuous Inquiry, Mc Graw Hill, New York.

2. Debrock, G. (1978), Het primaire in de natuur, in Debrock, G. e.a., De natuur: filosofische variaties, Ambo, Baarn.

3. Karplus, R./H.D. Thier (1967), A new look at Elementary School Science, Rand McNally, Chicago, p. 30.

4. Keuze-vakken eindexamen havo in percentages van het aantal leerlingen

	1976	1977	1978	1979	1980
% jongens	50,4	50,0	49,1	48,5	46,9
% meisjes	49,6	50,0	50,9	51,5	53,1
	59	59	61	63	66
wiskunde	28	29	31	32	35
	41	41	41	43	45
natuurkunde	10	10	11	11	12
	42	43	44	44	46
scheikunde	23	24	26	28	30
	44	44	44	45	43
biologie	64	55	56	52	59

5. Dippel schreef in 1967 '... praktisch vindt men in de politiek geen natuuronderzoekers, geen technici van allure en professie, ofschoon de wereldstabiliteit grotendeels gestuwd en bedreigd wordt door de 'managing' van deze (technisch-wetenschappelijke) revolutie en het uitblijven van begrip'.
   Dippel, C.J. (1967), Overschatting en onderschatting van natuurwetenschap en techniek, Katernen 2000, jaargang 2, nr. 2, pag. 19.

6. Hawkins, D. (1980), Science and the public. Outlook nr. 35, uitg. Mountainview Publ. Comp. Boulder.

7. Dippel (1967), pag. 14 en verder.

8. Hawkins (1980), t.a.p.

9. Raman, V.V. (1975), The three planes of science in society, Impact, Vol. 25, nr. 4, pag. 13.

10. Een goed voorbeeld van een vormingsactiviteit voor volwassenen is het materiaal van de Werkgroep Chip van de YWCA-Nederland (F.C. Dondersstraat 23, Utrecht). Zie hierover ook Baljé-Rijnders, C.R. (1981). 'Onderzoek alles op zijn waarde en houd vast wat goed is', Wending, jaargang 36, nr. 9, pag. 497-499.

11. Koningsveld, H. (1977), Het verschijnsel wetenschap, Boom, Meppel, pag. 59 en verder over 'het standaardbeeld' van de hedendaagse wetenschap. Het gaat hier over 'Enquiry as logic': Connelly, F.M./M. Finegold, a.o., (1977), Scientific Enquiry and the Teaching of Science, The Ontario Institute for Studies in Education, Toronto. Het verschil tussen wetenschaps-interne en -externe kwesties (in de wetenschap tellen alleen argumenten en geen persoonlijke omstandigheden) wordt wel aangeduid als het onderscheid van 'context of discovery' (de omstandigheden) en 'context of justification' (internwetenschappelijke zaken): Nauta, L.W. (1977), Context of discovery en context of justification, Kennis en Methode, jaargang 1, nr. 1, pag. 5-20.

12. Cawthorn, E.R./J.A. Rowell (1978), Epistemology and Science Education, Studies in Science Education, Vol. 5, pag. 31-59.

13. Zie over deze empirische cyclus Carin/Sund (1970), pag. 6 en verder en Beerling, R.F./S.L. Kwee, e.a. (1970), Inleiding tot de wetenschapsleer, Bijleveld, Utrecht, pag. 61 en verder. Ik maak bij de beschrijving ervan vooral gebruik van Koningsveld (1977), pag. 65 en verder, aangevuld door aspecten van Carin en Sund.

14. Koningsveld (1977), pag. 67.

15. Koningsveld (1977), pag. 69.

16. Schwab. J.J., The structure of the natural sciences, in Ford, G.W./L. Pugno (eds.) (1964). The Structure of Knowledge and the Curriculum, Rand McNally Comp. Chicago.
Schwab bespreekt hier de 'Syntaxis van stabiel onderzoek'.

17. In dit gedeelte is vooral gebruik gemaakt van de beschouwingen van Dippel, in Dippel, C.J./J.M. de Jong (1965), Geloof en natuurwetenschap, deel 1, Boekencentrum 's-Gravenhage, hoofdstuk IV: Natuurwetenschap en natuur.

18. 'Het meetbare meten en wat nog niet meetbaar is, meetbaar maken', Gallilëi.

19. Naar Strasser, S. (1973), Fenomenologie en empirische menskunde, Van Loghum Slaterus, Deventer, pag. 112, en verder over 'Feit en methode in de natuurwetenschappen'.
Strasser baseert zich in dit gedeelte heel sterk op Husserl.

20. Het is interessant dat jonge kinderen in hun tekeningen vaak zulke stereotype beelden weergeven van de dingen om hen heen. Ze tekenen niet wat ze zien, maar een gegeneraliseerd beeld van bijvoorbeeld een huis, een boom, etc. Dit verschijnsel wordt wel 'visueel (en intellectueel) symbolisme' genoemd in tegenstelling tot 'realisme'.
De relatie met het proces van 'idealiseren' in de natuurwetenschap vraagt om een nadere uitwerking. Wel is het duidelijk dat 'natuurwetenschappelijke' wijzen van kennen niet helemaal vreemd zijn aan 'alledaagse' ken-wijzen.

We komen hier nog op terug.
Zie over de ontwikkeling van de manier waarop kinderen dingen tekenen: Symington, D./K. Boundy/T. Radford/J. Walton (z.j.), Children's Drawings of Natural Phenomena, Human Sciences Department, Toorak State College, Malvern, Australia.

21. Het citaat is afkomstig uit een artikel 'Das Naturbild der heutigen Physik' (uit 1956), ook opgenomen in Aichelin, H./G. Liedke (hrsg) (1974), Naturwissenschaft und Theologie, Neukirchener Verlag, Neukirchen.

22. 'Men' onderkent helemaal niet, dat wetenschap gekenmerkt is door inherente grenzen. Dat de wetenschappelijke activiteit voornamelijk is ingesteld op het verkennen en erkennen van deze grenzen. Dippel (1967), pag. 18, in reactie op de opvatting dat 'alles' wetenschappelijk mogelijk is: wetenschap als witte magie.

23. Rutherford, J./M. Gardner (1971), 'Integrated science teaching' in New Trends in Integrated Science teaching, vol. 1, Unesco, Paris, pag. 47-55, geciteerd in het overzichtsartikel van Brown, S.A. (1977), A Review of the Meanings of and Arguments for, Integrated Science, Studies in Science Education, Vol. 4, pag. 31-62, citaat op pag. 37.

24. Rowe, M.B. (1973), pag. 2. De lijst van 'processen' is gedestilleerd uit de inhoud van het boek en komt niet apart als 'lijst' voor, alleen in een zeer verkorte vorm als 'Summary of steps' om vanuit een vraag of probleem tot onderzoek te komen (pag. 84/85).

25. Rowe (1973), pag. 78 en verder. Het 'maken' roept vragen op: is het een *geconstrueerde* orde of een *aangetroffen* orde of gaan beide momenten (het denkende construeren of zin-geven en het vinden van een voor-gegeven werkelijkheid: zin-ontlenen) samen? Een klassiek kennis-theoretisch probleem (Kant!), dat hier nu niet verder uiteengezet zal worden.

26. Schwab, J.J., Structure of the disciplines: meanings and significances, in Ford, G.W./L. Pugno (eds.) (1964), pag. 25. Vergelijk 'De verwondering lijkt een avontuur dat pas geriskeerd kan worden vanuit een bepaalde, verzadigde graad van zelfverzekerdheid'. Verhoeven, C., Onderwijs als een vorm van creativiteit, in K.P.C. (1969), Het basisonderwijs, plaatsbepaling en perspectief, Malmberg, 's-Hertogenbosch, pag. 11.

27. Schwab (1964), pag. 26.

28. Zie hierover Hooykaas, R. (1971), Geschiedenis van de natuurwetenschappen. Oosthoek, Utrecht, die op pag. 181 en verder schrijft over 'De chemische revolutie'. Zie over 'elementen' met name pag. 188.

29. Hawkins, D. (1974), The Informed Vision, Essays on Learning and Human Nature, Agathon Press, New York, pag. 11.

30. Zie bijvoorbeeld de discussie in het tijdschrift 'Kennis en methode', tussen Doeleman en Kal: Doeleman, W. (1980), In de ban van de methode of de methode in de ban? Kennis en methode, jaargang 4, pag. 56-82.
Kal, V. (1980), De ene wetenschappelijke methode bij een diversiteit aan objecten. Kennis en methode, jaargang 4, pag. 264-284.

31. Een goed overzicht biedt Kicken, S. (1976), Reductionisme en holisme in de wetenschappen. Intermediair, jaargang 12, nr. 30, 23 juli. Daaraan is ook het volgende ontleend. Over de genoemde vraag naar wat 'leven' is, bestaat een lawine aan literatuur, onder andere over de strijd tussen mechanisme en vitalisme. Zie onder andere:
    - Schrödinger, E. (1973), Berust het leven op de wetten van de fysica? Intermediair jaargang 9, nr. 42, 26 oktober.
    - Waddington, C.H. (1966), Het leven, een biologisch-filosofische benadering; Aulaboek 289, Utrecht/Antwerpen.
    - Peursen, C.A.V. (1964), Filosofische oriëntatie, Kok, Kampen, pag. 167 en verder over 'Het leven' en pag. 186 en verder over 'Het vitalisme'.

32. 'Ontologie' is dat onderdeel van de filosofie dat zich bezighoudt met de structuur van de werkelijkheid: welke 'zijnsgebieden' er te onderscheiden zijn en hoe die zich onderling verhouden. Zie:
    - Van Peursen (1964), pag. 79 en verder en 140 en verder.
    - Landgrebe. L. (1963), Moderne filosofie, Het Spectrum, Utrecht/Antwerpen, Aula nr. 79, hoofdstuk 2: het begrip 'wereld'.

33. Zie de verdediging van dit methodologisch reductionisme door Reerink, L. (1977) Reductionisme, Kennis en Methode, jaargang 1, nr. 2, pag. 162 en verder. De auteur heeft ook oog voor de nadelen en tekorten van deze denkwijze.

34. Arc , M./M. Vincentini-Missoni (1981), A Reflection on Some Meanings of 'Interdisciplinarity' and 'Integration' Among the Sciences, European Journal of Science Education, Vol. 3, nr. 2, speciaal pag. 124 en verder. Ook een project als Nuffield Junior Science gaat van deze visie uit. Zie ook 6.4 in dit katern.

35. Schwab, in Ford/Pugno (1964), pag. 24 en verder.

36. Volgens de 'vaders' van een radicaal begrips-gericht leerplanontwikkelingsproject voor 'science', Science Curriculum Improvement Study (SCIS), Karplus en Thier, geciteerd in Butts, D.P. (1973), Teaching Science in the Elementary School, Free Press/Colier MacMillan, London, pag. 165. Zie hiervoor ook Bruner, J.S., (1963). The process of education, Vintage Books, New York, hoofdstuk 2.

37. Brown, S.A. (1977), pag. 34 en verder over 'unity of the conceptual structures of science'.

38. Zie over SCIS verder: Both, C. (1977), Naar natuurwetenschappelijke geletterdheid: Science Curriculum Improvement Study, Project NOB, SLO, Enschede.

39. Naar Odum, E.P. (1968), Fundamentals of ecology, Saunders Comp., Philadelphia/London pag. 3.

40. Labinowich, E. (1971), A closer look at environmental education, Science and Children, Vol. 8, nr. 6, pag. 31-35.

41. Steidle, W.E. (1971), The environmental education act. Science and Children, Vol. 8, nr. 6, pag. 21-22.

42. Schwab, pag. 28; Thomas, J.J. (1971), pag. 84: 'In my opinion there are no 'right' stages in the structure of knowledge and no universal, irreversible processes in constructing curriculum ...'.

43. Kwant, R.C. (1980). Over interdisciplinair denken en enkele van zijn wegen. Wijsgerig perspectief, jaargang 21, nr. 5, pag. 123-127.
Brown, S. (1977) t.a.p.

44. Engel, B./P. Blackwood/P. Brandwein (1973), Teaching elementary science through investigation and colloquiem, Hartcourt Brace Jovanovich, New York, pag. 166.

45. Redman, S./A. Brereton/P. Boyers (1969), An approach to Primary Science, MacMillan, London.

46. Rockcastle, V.N./F.R. Salamon/V.E. Schmidt (1975), STEM Elementary Science, Addison Wesley, Menlo Park.

47. Dit geldt overigens niet aleen voor de samenwerking van meer vakdisciplines, maar ook al voor disciplines afzonderlijk. In hoeverre zijn bijvoorbeeld de natuurkunde en de biologie een eenheid? In de geschiedenis zijn deze disciplines geleidelijk aan gegroeid vanuit verschillende richtingen, die zich min of meer los van elkaar ontwikkelen, bijvoorbeeld de mechanica en optica in de natuurkunde, de anatomie en fysiologie in de biologie. In de biologie hebben de celbiologie (de cel als fundamentele bouwsteen) en het begrip 'homoiostase' (= innerlijk, vlottend evenwicht) meer eenheid gebracht en later vooral ook de systeembenadering, met zijn verschillende integratieniveaus.
Zie hierover: Beck, W.S. (1973), Moderne biologie, Aulaboek 118, Het Spectrum, Utrecht/Antwerpen; Bertalanffy, L.V. (1965), Een biologisch wereldbeeld, Bijleveld, Utrecht. Let wel: *een* (en niet *het*) biologisch wereldbeeld!
Het gaat om *een* structurering van de biologie. En het feit dat er anno 1973 een boek verschijnt met de titel 'Geïntegreerde biologie' (door J. Lever, uitg. Oosthoek, Utrecht) duidt ook al niet op een vanzelfsprekende eenheid. In een Amerikaans leerplanproject voor biologie in het voortgezet onderwijs (Biological Science Curriculum Study) werden daarom dan ook drie versies ontwikkeld, elk met een specifieke invalshoek voor de structurering van de inhoud, met name het verschil tussen een biochemische en een ecologische invalshoek.
Ook in de fysica is het niet gelukt om een aantal verklaringsprincipes die naast elkaar staan en elk op zich legitiem zijn, te herleiden tot één enkele theorie of op een andere wijze te verenigen. Het gaat hierbij om de quantumtheorie, de relativiteitstheorie en de klassieke fysica. Het is de vraag of dit ooit wel zal lukken.
Zie hierover Stavenga, G. (1980), Het geloof in de (uiteindelijke) eenheid van de fysica, Kennis en Methode jaargang 4, nr. 2, pag. 123-139.

48. Broch, W. (1977) In the attitude of the discoverer: Henry Edward Amstrong (1848-1937), New Scientist, 15 september, pag. 678-679.

49. Gauld, C.F./A.A. Hukins (1980), Scientific attitudes: a review, Studies in Science Education, Vol. 7, pag. 129-161, speciaal pag. 134. In het werk van David Hawkins wordt veel aandacht geschonken aan de erfenis van Dewey, met name zijn didactische kennistheorie. Zie bijvoorbeeld het essay 'John Dewey revisited' in Hawkins (1974), pag. 162-172 en het hoofdstuk over 'Abilities and talents' in Hawkins (1977), The science and ethics of equality, Agathon Press, New York.

50. Gauld/Hukins (1980) geven op pag. 133 een soortgelijke indeling.

51. Ennever, L./W. Harlen (1972), With objectives in mind, Guide to Science 5-13, MacDonald Educational, London. Over Science 5-13: Bleijerveld, C.A./K. Both (1976), Science 5-13 en natuuroriëntatie, Project NOB, SLO, Enschede.

52. Vooral gebaseerd op
Harlen, W./A. Darwin/M. Murphy (1977), Match and Mismatch: Raising Questions and Leader's Guide, Oliver and Boyd, London/Glasgow, pag. 66 en verder: 'What is an attitude?'.

53. Carin/Sund (1970), pag. 7.

54. Dit geldt bijvoorbeeld sterk voor Popper. Hoe je aan een theorie komt is niet zo belangrijk, wel hoe je hem rechtvaardigt!
'De beroemde Indische mathemaat Ramanujan verwekte grote irritatie bij zijn collega's, door op de vraag, hoe hij exact tot zijn theorema's kwam, slechts te antwoorden: de godin Namakkal inspireert mij. Met dit antwoord konden zijn Westerse collega's niets beginnen, al was het alleen maar omdat zij met deze figuur geen omgang hadden. Dat de één een godin, de ander een vriendin en een derde misschien wel beiden nodig heeft om in zijn vak iets te presteren, is voor de wetenschappelijke bewijsvoering irrelevant. In plaats van op het congrespodium horen muzen thuis in de hotelkamer', Nauta (1977), pag. 5. Andere visies zijn te vinden bij onder andere Kuhn, T.S. (1972). De structuur van wetenschappelijke revoluties, Boom, Meppel, (de relatie van Popper en Kuhn met betrekking tot 'science education' wordt ook besproken door Cawthorn/Rowell, 1978) en vooral ook Feyerabend, P. (1974), In strijd met de methode, Boom, Meppel.

55. Goldberg, L. (1968), The operative content of science and values, Science and Children, Vol. 5, nr. 5, pag. 11.

56. Dippel (1967), pag. 29 en verder.

57. Gauld/Hukins (1980), pag. 140.

58. Stolk, H. (1977), Gesprekspunten over wereldverkenning en Christelijk Onderwijs, Kok, Kampen, pag. 44.

59. Raman (1975), pag. 14.

60. Gauld/Hukins, pag. 140, waarin onderzoek op dit terrein wordt samengevat.
Vergelijk ook: Raman, pag. 14: vgl. 'Nobody now supposes that a lifelong pursuit of theoretical physics or neural physiology automatically gives one a special insight into what is good or bad to do in practical life-'. Ziman, J. (1978), Some manifestations of scientism, in: Proceedings of the Conference Science Society and Education, Vrije Universiteit, Amsterdam, pag. B.30.

61. Gauld/Hukins, pag. 136.

62. Zie hierover met name het stuk over 'Wetenschap, waarde, waardevrijheid' in Beerling, R.F./S.L. Kwee/J.J.A. Mooy/C.A. v. Peursen (1970), pag. 140 en verder.

63. Zie hierover zeer helder (zowel met betrekking tot het empirisme van Baron en Locke als het rationalisme van Descartes): Luypen, W. (1966), Existentiële fenomenologie, Aulaboek nr. 68, pag. 34 en ver-

der en pag. 96 en verder. Dit is in nog veel sterkere mate het geval met de laatste ontwikkelingen in de fysica van de kleine deeltjes. Zie daarover bijvoorbeeld G. Zukav (1981), De dansende Wu-li Meesters, Bert Bakker en Hilgevoord, J. (1984), Het beeld van de werkelijkheid in de fysica, Wending, Amsterdam, november 1984.

64. Hooykaas, R. (1971), pag. 27 en verder.

65. Dijksterhuis, E.J. (1977), De mechanisering van het wereldbeeld, Meulenhoff, Amsterdam, pag. 26 en verder; Bronowski, J. (zj.) The common sense of science, Vintage Books, New York, pag. 22/23.

66. Dijksterhuis (1977), pag. 342.

67. Zie hiervoor het fraaie essay van M. Wildiers – De macht der metaforen, In Wildiers, M. (1983), De muziek der sferen – vier opstellen over wereldbeeld en cultuur, Nederlandse Boekhandel, Kappelen, pag. 105 en verder.

68. Peursen, C.A. v. (1964), pag. 148; Müller, K.M. (1973), Die präparierte Zeit, Radius Verlag, Stuttgart; Waar wij spraken over 'filters' spreekt Müller over 'Abblendung' (pag. 181 en verder).

69. Voorbeelden uit de colleges van wijlen professor Luypen.

70. Citaat bij Dippel (1967), pag. 24.

71. Citaat bij Burk, K.H. (1976), Grundschule: Kinderschule oder Vorschule der Wissenschaft, Arbeitskreis Grundschule e.V., Frankfurt a. Main, pag. 74.

72. Passmore (1978), Science and its crities, pag. 52 en verder. Hij illustreert dit aan de hand van kankeronderzoek, dat vooral op cel-niveau (= hoog in de academische pikorde) bezig is, en veel minder op 'omgevingsniveau'. Dit laatste zou voor het voorkomen van kanker wel eens belangrijker kunnen zijn, maar het cytologische onderzoek slurpt vrijwel alle subsidie op.

73. Zie over deze wetenschapssociologische aspecten: Kuhn, T.S. (1972), De structuur van wetenschappelijke revoluties, Boom, Meppel, Feyerabend, P. (1974), In strijd met de methode, Boom, Meppel; Cawthorn, E.R./J.A. Rowell (1978)

74. Toffler, A. (1970), Toekomst-shock, Unieboek, Bussum, pag. 326.

75. Apel, K.O. (1963), Das Leib-apriori der Erkenntnis, in Archiv für Philosophie, Band 12, Stuttgart, pag. 152-172. In dit voor niet-filosofen moeilijk leesbare artikel beschrijft Apel de invloed van het lichamelijk bestaan van de mens op het ontstaan van kennis, met behulp van categorieën van onder andere Leibniz en Einstein.

76. Wagenschein, M. (1977), Rettet die Phänomene! Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, jaargang 30, Heft 3, pag. 130.

77. Dippel (1976, pag. 19) wijst erop 'dat ... het lichaam dagelijks, ja ieder moment bezig is te tellen en te meten, evenwichten te reguleren, kwantitatief, enz. en dat wanneer wij wat zorgeloos leven, telkens lichamelijke drempelwaarden in de war komen en we ziek worden of dronken of struikelen'.

78. Naar Boers, Chr. (1978), De anti-technologie-beweging: de discussie over de technologie, Intermediair, jaargang 14, nr. 27. Eenzelfde soort indeling is ook te vinden bij Griffiths, D. (1975), Science and technology: liberation or oppression? ... Impact, Vol. 25, nr. 4, pag. 295-305. Zie voor de maatschappijkritische benadering ook Rubem Alves, On the eating habits of science, in Shinn, R.L. (1980), Faith and Science an Unjust World, report of the World Council of Churches Conference on Faith, Science and the Future, Vol. 1, World Council of Churches, Geneva, pag. 41-43.

79. Zie voor dit gedeelte Boers (1978), pag. 55; Passmore (1978), pag. 30 en verder. Eén en ander hangt mede samen met de kloof tussen hoofd- en handwerk, die vanaf de oude Grieken de ontwikkeling van de experimentele natuurwetenschap heeft belemmerd.
Zie daarover Hooykaas, R. De natuurwetenschappelijke omwenteling, in: Studium Generale Colleges (1968/69), Vijf over natuurwetenschappen, T.H. Twente, Enschede.
Een prachtige samenvatting van de verhouding van natuurwetenschap en techniek bij de Oude Grieken is ook te vinden bij Dijksterhuis, E.J. (1977), pag. 80-83.

80. Griffiths, D. (1975), pag. 296 en verder.

81. De milieuproblematiek neemt bijvoorbeeld in sommige Oostbloklanden (met name Tsjechoslowakije en Polen) schrikwekkende vormen aan. Zie over Marxisme en natuur: Harmsen, G. (1974), Natuur, geschiedenis, filosofie, SUN, Nijmegen en Lemaire, T. (1976), Over de waarde van culturen, Ambo, Baarn, die op pag. 224 en verder schrijft over 'Milieuprobleem, probleem van het kapitalisme of van de industriële maatschappij?'. Zie ook Both, K. (1979), Natuur en mens bij Ger Harmsen, werkgezelschap Atomium, T.H. Twente, Enschede.

82. Voor dit gedeelte werd veel ontleend aan Boers (1978) en Habermas, J. (1968), Technik und Wissenschaft als 'Ideologie', Suhrkamp, Frankfurt a. Main. Een aantal essays uit deze bundel werd vertaald in Baars, J. (red) (1978), Een keuze uit het werk van Jürgen Habermas, Van Loghum Slaterus, Deventer. Het gaat met name om de stukken 'Techniek en Wetenschap als 'ideologie' en 'Technische vooruitgang en sociale leefwereld'.

83. Zo ook bij Griffiths, (1975), pag. 303.

84. Zie voor het volgende vooral Roszak, Th. (1972), Opkomst van een tegencultuur, Meulenhoff, Amsterdam, pag. 180 en verder. Verder is van belang Roszak, Th. (1975), Het einde van niemandsland, Meulenhoff, Amsterdam.

85. Zie hierover ook: Fortmann, H. (1971), Wat is er met de mens gebeurd? Ambo, Bilthoven, pag. 29.

86. Roszak (1972), pag. 188.

87. 'Alles wat vanzelf groeit is verdacht'. Marcel, G. (1965). De ondergang van de wijsheid, Bijleveld, Utrecht, pag. 40-41.

88. Het technische milieu wordt het model volgens welke men zich het heelal gaat denken. 'De mechanisering van het wereldbeeld' (Dijksterhuis) en ook de mens; 'l'homme machine' (La Mettrie). En dan niet alleen als interpretatie, maar ook daadwerkelijk.

89. Darwin, F. (ed) (1958), The autobiography of Charles Darwin and selected letters, Dover Publications, New York, pag. 53 en verder. H.W. de Knijff vraag zich in dit verband af of verstand en gevoel elkaars vijanden zijn. 'Dat nieuwe ontdekkingen en voortgaand weten onontkoombaar leiden tot ondervoeding, ja uithongering van het gevoelsleven. ... heeft de Europese kennisontwikkeling met haar grote nadruk op de natuurwetenschap en het exacte weten er noodzakelijkerwijze toe geleid, dat het gevoel gedood, of, indien nog niet gedood, dan toch gevangen genomen en zwaar gemaltraiteerd wordt? Kijkt men vandaag de dag om zich heen, dan lijkt het huidige cultuurbeeld deze veronderstelling niet te bevestigen. Alom is sprake van de aanwezigheid en het belang van gevoelens: allerlei irrationeel gestemde bewegingen breken zich baan en op tal van wetenschapsgebieden wordt een eenzijdig rationalistische en functionalistische constructie van onze leef- en denkwereld bekritiseerd en de legitimering, ja zelfs de voorrangspositie van 'gevoelens' bepleit.
Wij doen hier een merkwaarige ontdekking, die ons meteen in het hart van de zaak voert. Hoe is het mogelijk, dat wij in één adem kunnen spreken over het afsterven, de afwezigheid èn over de overdadige, springlevende aanwezigheid van het gevoel in onze moderne samenleving? Kan dat een juiste ontdekking zijn? Zoveel is zeker: men kan haar op vele wijzen doen, zij dringt zich op bij iedere zelfs maar oppervlakkige beschouwing van onze cultuur – deze parallellie, deze aan- en afwezigheid van het gevoel; zij zijn blijkbaar twee nauw-samenhangende aspecten van het hedendaags bewustzijn: gevoelsoverdaad en gevoelsatrofie. Twee werelden zijn het zelfs, de ene voortgebracht door een geïsoleerd subject, de ander door een geïsoleerd object: subject-object-splitsing in een werkelijk massale vorm: rationeel beheerst technisch establishment èn gevoelsmatig irrationeel protest, functionalistische architectuur èn surrealistische schilderijen, analytische literatuurwetenschap èn dadaïstische poëzie, dictaat van de computer èn verering voor het capricieuze, bewondering voor het technisch vernuft van de ruimtevaart èn de oproep om af te dalen in de diepste lagen van het bewustzijn- de voorbeelden van deze te samen aanwezige tegenstellingen liggen voor het grijpen.
De beide aspecten zijn blijkbaar niet van elkaar los te denken, zij leven op elkaars kosten en kunnen elkaar toch niet verloochenen; er is in de verhouding tussen die beide -en daarmee: met die beide- kennelijk iets grondig mis. Daarbij slaat het gevoel het heftigst van zich af; het is kennelijk de zwakste van de twee; het heeft ook veel minder dan het verstand in de moderne wereld een officieel erkende behuizing en moet die veelal via een tegenbeweging, een subcultuur, alternatief, veroveren. Ze is als een bedelares op het technologisch symposium en zij zal waarschijnlijk niet aflaten, voor haar verlangens zijn bevredigd. Het is dus zaak, haar vragen zo goed mogelijk te verstaan.' De Knijff beschrijft dan de genese van deze ambivalente ontwikkeling in de geschiedenis van het Westen. Knijff, H.W. de (1981), Het gevoel, historisch en theologisch beschouwd, inaugurele rede, R.U. Utrecht, 7 december 1981.

90. Fortmann, H. (1972), Heel de mens, Ambo, Baarn, pag. 261.

91. In het woord 'primitief' kunnen etnocentrische betekenissen mee-klinken, ze zijn 'maar primitief', in tegenstelling tot 'geciviliseerd'.
Het begrip 'primitief' kan ook in beschrijvende zin worden gebruikt, bijvoorbeeld 'onder primitieve volken wordt verstaan ... die volken die niet, of slechts in oppervlakkige mate, of pas in de laatste eeuwen, of alleen in lang vervlogen tijden in contact zijn geweest met en de invloed hebben ondergaan van de euraziatische cultuurvolken'. Baa-

ren, Th. v. (1960).
Wij mensen, religie en wereldbeschouwing bij schriftloze volken. Bijleveld, Utrecht, pag. 20. Heel hoofdstuk 2 is gewijd aan de bespreking van 'Primitieve mentaliteit'.
Het boek van Lemaire (1976) is een indrukwekkende poging om de vanzelfsprekendheid van het Westerse denken over cultuur en natuur te doorbreken en recht te doen aan de waarden van de 'jagersvolken'. Zie over 'primitief' ook Strasser (1973), pag. 92 en verder: De leefwereld als primitieve wereld.

92. Weima, J. (1972), Wat willen wij met de toekomst doen? Ambo, Bilthoven. Zie voor een samenvatting van de inzichten van Weima: Both, C. (1977), Onderwijs en Milieuproblematiek, Project NOB, SLO Enschede.

93. Actie Strohalm (1980), Hoe kun je de lucht bezitten? Een Indiaanse versie op het beheer van de aarde, Ecologische Uitgeverij, Amsterdam.

94. Schumacher, E.F. (1973), Hou het klein, een economische studie waarbij de mens weer meetelt, Ambo, Bilthoven, pag. 75 en verder.

95. Vergelijk Karl Jaspers: 'Ein Zeitalter, dass sich selbst nicht vertraut, kümmert sich um Erziehung, als ob hier aus dem Nichts wieder etwas werden könnte' – Krise der Erziehung, in de bundel: Jaspers, K. (1977), Was ist Erziehung? Piper, München, pag. 69.

96. Schumacher (1973), pag. 76.

97. Snow, C.P. (1959), The two cultures and the scientific resolution. The Rede Lecture, Cambridge University Press. Zie over deze rede ook: Habermas (1968), pag. 104 en verder.

98. Schumacher (1973), pag. 77.

99. Zie over het begrip 'scientisme': Griffith, D. (1975), pag. 303; Ziman, J. (1978), Some manifestations of scientism, proceedings of the conference Science, Society and Education, Vrije Universiteit, Amsterdam; Luypen (1966), pag. 59 en verder.

100. Schumacher (1973), pag. 83. Hij legt de 'tweede hoofdwet van de thermodynamica' in een voetnoot (op pag. 284) als volgt uit:
N.B. Tussen haakjes, de tweede wet van de thermodynamica stelt vast dat de hitte niet uit zichzelf van een koude naar een heter lichaam kan overgaan, of, gewoner uitgedrukt, dat 'je je niet kunt warmen aan iets dat kouder is dan je zelf bent', een vertrouwd, ofschoon niet zeer inspirerend idee, dat volkomen ongegrond is uitgebreid tot de pseudowetenschappelijke bewering dat het heelal noodzakelijk moet ondergaan in een soort 'hitte-dood' als alle temperatuurverschillen opgeheven zijn.

101. Schumacher (1973), pag. 82.

102. Derksen, S.C. (1967), Hoe leren we de vrede, Wolters, Groningen, pag. 26 en verder. 'Terecht constateert de Indische opvoedkundige K.G. Saigidan in zijn ook voor Westerse begrippen zeer-bij-de-tijdse 'Education, Culture and the Social Order', dat de moderne mens veel verder gevorderd is met de actualisering van de objectieve natuur dan met die van zijn subjectieve of eigen natuur, met als gevolg

dat deze mens steeds meer de indruk maakt van een aap, die in een geweldige Rolls Royce rondrijdt en gemakkelijk de macht over haar stuur kan verliezen.'
Vergelijk Han Fortmann, die in 'Oosterse renaissance' (Ambo, Baarn, 1972, pag. 21) schrijft over de naar buiten gerichte techniek van het Westen en de op de mens zelf gerichte techniek van het Oosten.

103. Kwee Swan-Liat (1981), Mens, techniek en toekomst, Wijsgerig Perspectief, jaargang 22, pag. 50.

104. Wagenschein (1977), diverse plaatsen.

105. Zie noot 28. Zie ook Hubers, G.A. (1972), Taalgebruik, alledaags en wetenschappelijk, Jeugd en Samenleving, jaargang 2, nr. 1, pag. 31 en verder. Hubers wijst bijvoorbeeld op de manier waarop kinderen in het basisonderwijs systematisch getraind worden in vervreemdend taalgebruik en vervreemdend denken. We komen hier nog op terug.
Volgens C. Schietzel (Exakte Naturwissenschaften in der Grundschule? Die Grundschule, jrg. 1973, Heft 3) is het gebruik van en het in het onderwijs gericht zijn op 'wetenschappelijke' termen (beter 'pseudo-wetenschappelijk' of 'pseudo-taal') verbonden met autoritaire tendenzen, Hubers wijst hier ook op. Wat niet 'wetenschappelijk' is of lijkt is minder waard: Garlichs, A. (1978), Wissenschaftliche gegen lebenspraktische Bildung?, Die Deutsche Schule, jrg. 1978, Heft 4, pag. 231.

106. Zie Thiel, S. Grundschulkinder zwischen Umgangserfahrung und Naturwissenschaft, in Wagenschein, M. u.a. (1973), Kinder auf dem Wege zur Physik, Klett, Stuttgart.

107. Passmore (1978), pag. 76 en verder en vooral ook Braverman, M. (1972), Sensuous – intellectual Complementarity in science ... wow! Outlook nr. 6, pag. 10-13.
J. Bronowski, denkt in 'The origins of knowledge and imagination' (Yale University Press, New Haven/London) in dezelfde richting.

108. Gerhardt, I. (1980), Verzamelde gedichten. Amsterdam 1981, Polak en Van Gennep Uitg.Mij.

109. 'Unser Unterricht is zu oft ein Antworten auf Fragen, die nog gar nicht gestellt sind, ein Abspeisen, wo nie herzhafter Hunger war.'
Friedricht Copei, geciteerd door Heck, J. (1982), Die Fähigkeit des Staunens und Sich-Wunderns als Voraussetzung für ökologisches Denken und Handeln im Bereich der Schule, Der Biologie-unterricht, jrg. 18, Heft 2, pag. 47.

110. Dit werd sterk benadrukt door Rachel Carson in haar boek 'The sense of wonder', Holt, Rinehart, Winston, New York, 1965. Interessant is in dit verband de geschiedenis van de relatie van 'science' en kunst. Eén aspect willen we hierbij noemen, namelijk dat veel technieken met de bijbehorende wetenschappelijke kennis, hun oorsprong vinden in problemen op het gebied van de kunst – Zie 'On art, invention and technology' in Stanley Smith, C. (1981), A search for structure, MI T Press, Cambridge (USA).
Zie ook: Rieser, D. (1972), Art and Science, Studio Vista, London.

111. Passmore, pag. 79/80.

112. Melsen, A.G.M. v. (1964), Natuurwetenschap en techniek, Het Spectrum, Utrecht/Antwerpen.

113. Bijl, J. (1978), Over de genese van ervaring en kennis, Utrechtse Pedagogische Verhandelingen, jaargang 1 nr. 2.

114. ...*'de populaire natuurwetenschap heeft gesuggereerd dat er geen geheimen meer zijn, dat de dingen werkelijk konden worden gereduceerd tot hun natuurwetenschappelijke formule. Ik zou dat niet graag aan de echte wetenschap willen verwijten, zeker niet aan die van de twintigste eeuw'.*
Han Fortman (1971), Wat is er met de mens gebeurd?, Ambo, Bilthoven, pag. 39.

115. Zoals sterk benadrukt door David Hawkins (1974), The informed vision – essays on learning and humane nature, Agathon Press, New York.

116. Aldus Charles Birch, in 'The organic image of nature, humanity and God', Anticipation no. 25, January 1979, pag. 57, uitg. Church en Society, World Council of Churches, Geneva.

117. In feite al zo geformuleerd door 'de heraut der nieuwe wetenschap', Francis Bacon – 'de natuur beheersen door haar te gehoorzamen'. De grote geschiedenis van natuurwetenschappen en techniek van Dijksterhuis en Forbes heet dan ook: 'Overwinning door gehoorzaamheid'.

118. Zoals bijvoorbeeld in de unit over 'pedestrian crossings' van Unified Science and Mathematics in Elementary Schools (USMES), Education Development Center, Newton, 1977.

119. Hawkins, D. (1974), op verschillende plaatsen, met name in het beginessay van deze bundel. Deze essentiële polariteit (antinomie) is ook het uitgangspunt van Salzmann, Chr. (1982), Die pädagogische Aufgabe des Sachunterrichts, Die Grundschule, jaargang 14, nr. 2, pag. 46-50.

120. We moeten een evenwicht vinden *'between intellectuel understanding (the scientific approach and experience and feeling (experiential awareness approach). Without science there is the danger of being guided by sentiment, losing the sure guidance of law, reason and fact. Without experience and feeling one runs the risks of focusing only on descriptions of life and missing the fresh, exciting experiences that nature can give. It is the defference between describing the molecular structure of an orange and the smelling, peeling, squeezing and tasting of it'.*
Cornell, J.B. (1980), Nature for a child's heart and mind. Science and Children, september 1980, pag. 7.
Zie ook noot 89, 107 en 110.

121. 'Education *through* science', een uitgangspunt van bijvoorbeeld het Science 5-13-programma. Zie ook het gelijknamige 'policy statement' van de Association for Science Education: School Science Review, Vol. 63, no. 222, september 1981.

122. Nuffield Junior Science Project – Kinderen en leren – samenvatting – werkpapier van het project Natuuronderwijs voor de basisschool, SLO Enschede, 1982.

123. Hitchfield, E. (1980), Early scientific trends in young children, a tribute to the work of Nathan Isaacs, Education 3-13, Vol. 8 nr. 2, pag. 24-27. Isaacs, N. (1969), Early scientific trends in children, National Froebel Foundation, London.

124. Bijl, J. (1978), Over de genese van ervaring en kennis, Utrechtse Pedagogische Verhandelingen, jaargang 1, nr. 2. Er is een persoonlijkheidstheorie, die van Kelly: de 'personal constructtheory', die ervan uitgaat dat onze persoonlijkheid met name wordt gevormd door de generalisatie van ervaringen tot 'persoonlijke constructen' – transparante patronen waardoor de wereld waargenomen wordt, hypothesen die we voortdurend toetsen.
Zie over deze theorie Bannister, D./F. Fransella (1971), Inquiring man: the theory of personal constructs, Penguin Books, Harmondsworth en Britton, J. (1973), De taal en het leren, Spectrum, Utrecht/Antwerpen, met name hoofdstuk 1.

125. Kinder auf dem Wege zur Physik, pag. 16.

126. Schietzel (1973). Zie hierover ook de recente publikatie van Driver, R. (1983), The pupil as scientist? The Open University Pres, Milton Keynes.

127. Hein, G.E., Children's Science is Another Culture, in The ESS Reader, Education Development Center, Newton (Mass) z.j.

128. Zie noot 110.

129. Cornell, J.B. (1980), Nature: for a child's heart and mind, Science and Children, september 1980.

130. McCormack, L. (1979), Children's Science starts with an answer, any answer, Learning, november.

131. Elstgeest, J. (1975), New Science and Old Cultures, Paper Presented to the International Conference on Physics Education, University of Edinburgh, pag. 10.

132. Kerr, J./E. Engel (1980), Should Science be taught in primary schools? Education 3-13, Vol. 8, nr. 1, Spring Gilbert, J.K./R.J. Osborne/P.J. Fensham (1982), Children's Science and its Consequences for teaching Science Education, Vol. 66, no. 1, pag. 623-633.
Osborne, R.J./J.K. Gilbert (1980), A Method for Investigating Concept Understanding in Science, European Journal of Science Education, Vol. 2, nr. 3.
Albert, E. (1978), Development of the concept of heat in Children, Science Education, Vol. 62, nr. 3.
Driver, R. (1981), Pupil's Alternative Frameworks in Science, European Journal of Science Education, Vol. 3, no. 1.
Nussbaum, J./J.D. Novak (1976), An assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews, Science Education, Vol. 60, nr. 4.
Osborne, R.J./B.F. Bell/J.K. Gilbert (1983). Science teaching and children's views of the world, European Journal of Science Education, Vol. 5, no. 1, pag. 1-14.

133. Hawkins, Fr. (z.j.), Some Notes on Early Roots (Size and Scaling), Mountainview Center for Environmental Education, Boulder. Hierbij hoort zeker ook Martin Wagenschein genoemd te worden, als

'grand old man', van de pedagogiek van de natuurwetenschappen.
Zie in dit verband vooral zijn bundels:
- Ursprungliches Verstehen und Exaktes Denken 1 en 2. Klett, Stuttgart;
- Naturphänomene sehen und verstehen, Klett, Stuttgart (1980).

134. Zie hierover met name Treffers, A. (1978), Wiskobas doelgericht Instituut voor Ontwikkeling van het Wiskunde Onderwijs, Utrecht.

135. Deze fasering is het uitvoerigst beschreven in Both, K. (1982), Ontdekkend leren 2: Aanrommelen en operationele vragen stellen, Seminarium voor Jenaplanpedagogiek, Geldermalsen.
Zie ook De Grabbelton 1983-1, blz. 5-105 en verder.

136. Zie daarover Schwab, in Ford/Pugno (1964), pag. 38.

137. Van Peursen, Filosofische oriëntatie, Kok, Kampen (1964) laat op pag. 71 en verder, dat 'kennis' en 'liefde' sinds Augustinus en later in een bepaalde lijn binnen de westerse geestesgeschiedenis nauw samenhangen.
'Het wezen van een ding is dat, waar ik met mijn hart aan verbonden ben' of
'Some things are known best falling in love with them' (D. Hawkins).

Stichting voor de
Leerplanontwikkeling

De SLO geeft voor het primair onderwijs drie series uit:

- een serie uitgaven voor de onderwijspraktijk
- een serie schoolwerkplanpublikaties
- ● een serie achtergrondpublikaties

In de achtergrondreeks zijn naast "Natuur Milieu Techniek Katern 2: De natuur van de natuurwetenschap en natuuronderwijs in de basisschool" verschenen:

bestelnummer:	titel:
AN C.102.2807	Kleuteronderwijs, een overzicht
AN 7.371.2712	AV-vorming in Zaandam, een onderwijskundige verkenning
AN 7.400.2792	Discussienota dans, mime en drama als spel en beweging in de basisschool
AN 1.281.2403	Het onderwijs in het Fries
AN 1.359.2305	Dialect op de basisschool
AN 1.429.2317	Taalonderwijs anders bekeken
AN 1.288.0025	Over onderwijs in taalbeschouwing
AN 1.429.2409	Taalonderwijs en taalonderzoek in Engeland
AN 1.429.2421	Taalvaardigheid in de basisschool, een oriëntatie op theorie, innovatie en leerplanontwikkeling
AN 1.429.2931	Planning en interactie in thematisch-cursorisch taalonderwijs
AN 7.410.3360	De ontwikkeling van het muzikale denken
AN 4.213.2306	Wereldoriëntatie, een overzicht
AN 5.250.2850	Visie op onderwijs en sociale wereldoriëntatie
AN 7.372.2454	Tekenen op de basisschool, zus of zo?
AN 2.432.2730	Over de praktijk van intercultureel onderwijs
AN 4.213.3920	Valt er nog wat aan te rommelen in de klas?
AN 7.450.3926	Beeldende vorming in onderwijskundig perspectief
AN B.320.4132	De invoering van het Engels in het openbaar basisonderwijs in Den Haag
AN 7.371.4312	Zicht op Audiovisuele Vorming in het Basisonderwijs
AN 4.213.4092	Natuur Milieu Techniek Katern 1: De natuur van natuuronderwijs, een visie in ontwikkeling

De publikaties kunnen schriftelijk besteld worden bij de afdeling Verkoop van de SLO,
Postbus 2041, 7500 CA Enschede
Gelieve bij de bestelling het artikelnummer te vermelden.

AN 4.213.4093