

Inleiding tot het begrijpbaar-maken en voorbeeld-begrijpen: over het ontstaan van nieuwe kennis

B. Redeker¹

Olaf-Palme Gesamtschule, Hiddenhause

Duitsland

Summary

This article develops the idea of a difference in principle between life-world and physics, that a physical understanding of empirical phenomena can only originate in a discontinuous manner. The process of re-learning is the central point, by which an initial physical understanding can be achieved. The research of the structure of this learning in connection with teaching shows the mistaken perception that physical understanding can be continuously developed by means of a preciser explanation of life-world familiarity with empirical phenomena. The research shows the teaching and learning of physics as an event of crises, in which various kinds of experience not only supplement each other, but also basically contradict and challenge each other.

1. Inleiding

Met mijn eerste artikel heb ik geprobeerd te laten zien dat het verschil tussen dagelijkse ervaring en natuurkunde een principiële verschil is. De moderne natuurkunde ("Physik") ligt niet in de richting van de oorspronkelijke, door de leefwereld gemotiveerde interesse in de dingen en verschijnselen van deze wereld. Dat geldt wel voor de "historia naturalis", door H.Lipps met nadruk als "Naturkunde". (in Nederland "Natuurlijke Historie" of "Kennis der Natuur" (vert.)) "Natuuronderzoeker was hier diegene die als getuige iets met eigen ogen had gezien,en daarvan mededeling deed". "Deze mededeling kon op van alles betrekking hebben, bij voorkeur was het het vreemde, waarover als iets merkwaardigs bericht werd, het buitengewone dat verzameld werd." Kunstzinnige beschouwing werd ermee verbonden. En in zoverre "de Kennis der Natuur zorgde voor kennis van dingen, waarvoor de gewone maatstaven tekortschoten, schiep ze ruimte voor het geheim dat de mensen omgeeft". (Lipps, 1954, p.11).

De natuurkunde is echter wat anders, "dan de vroegere Kennis der Natuur was". (Lipps, 1954, p.11)

In dit artikel wil ik het hebben over die vorm van leren, waarbij het er om gaat dat geheel nieuwe kennis überhaupt kan ontstaan. Ik probeer te laten zien hoe dat proces zich innerlijk verhoudt tot het onderwijzen. De structuur daarvan

werk ik voor een gedeelte uit aan de hand van het voorbeeld van het leren van natuurkunde.

Het verschil tussen dagelijkse ervaring en natuurkunde vereist een "inleiding tot het begrijpbaar-maken". Die moet een basis leggen voor een werkelijkheid van natuurkundige aard. Dat gebeurt dan, om met Galilei te spreken, tegen de "duidelijkst mogelijke zintuiglijke indrukken" (Galilei, 1980, p.210) in, tegelijk echter ook *op grond van en door* deze "duidelijkst zichtbare zintuiglijke indrukken". Want wie zou er serieus aan twijfelen dat al het "onderwijzen en leren op basis van een al aanwezig weten" plaatsvindt? Dit is overigens een oud inzicht, dat Aristoteles al aan het begin van de tweede Analytikai expliciet formuleerde.

Als ze van de continuïteitsstelling (Redeker, 1990) uitgaat, kan de didactiek niet op adequate wijze vragen naar de bijzondere problematiek van een inleiding tot het begrijpbaar-maken. Want deze problematiek wordt zonder twijfel gekenmerkt door een *om-leren*. Dit om-leren voltrekt zich niet-geleidelijk en discontinu. Daarbij moet niet alleen de voorkennis uit de leefwereld van de lerende omgestructureerd worden, maar ook moet zijn waarnemingsveld met het waargenomene gemodificeerd worden.

2. Inleiding tot het begrijpbaar-maken en voorbeeldmaterie

Een inleiding tot het begrijpbaar-maken stoot op een soort "Kwadratuur van de cirkel". Ieder nog zo voorlopig begrijpen van een natuurkundig inzicht *als* natuurkundig vooronderstelt namelijk een dienovereenkomstig gedifferentieerde begripsmatige horizon. Die kan in principe in allerlei mogelijke vormen gegeven zijn: in de vorm van kwalitatieve of kwantitatieve experimenten, grafisch, in "formele stenografie", in omgangstaal of in "beeld en geluid". Een dergelijke begripsmatige horizon is bij verbanden tussen zaken uit de leefwereld aanvankelijk noch gegeven, noch meegegeven, in ieder geval niet vanzelf, ook niet in rudimentaire voorvormen. Aan de andere kant kan een inleiding tot het begrijpbaar-maken alleen op grond van een verband tussen waarnemingen in de leefwereld plaatsvinden. Uit dit verband tussen waarnemingen komt voor het om-leren echter een weerstand voort die niet vermeden kan worden. Ze komt voort uit de tegenspraak tussen dagelijkse ervaring en natuurkundige abstractheid. Bij het om-leren moet namelijk met de vertrouwde, door de leefwereld bemiddelde, begrijpelijkheid van empirisch aanschouwelijke fenomenen en de betrouwbaarheid van de zintuiglijke waarneming als het ware "gebroken" worden.

Haar oplossing vindt deze kwadratuur in het voorbeeld-begrijpen. Voorbeeld mag hier echter niet opgevat worden als illustratie van iets algemeen, van een regel, een wet enzovoort. Met voorbeeld begrijpen bedoel ik een manier van iets begrijpbaar-maken waarbij een nieuwe begripsmatige horizon van natuurkundige aard, met zijn eigen realiteit, überhaupt pas kan ontstaan, hoe onduidelijk de inhoud daarvan aanvankelijk ook moge zijn.

Over het voorbeeld-begrijpen heb ik aan de universiteit van Paderborn onderzoek gedaan, waaraan 56 meisjes en jongens van de jaargangen 5, 6, 7 en 8 van de Haupt- en Realschule en het Gymnasium hebben deelgenomen. Uit verschillende verbanden tussen zaken uit het dagelijks leven die als voorbeeldmaterie geschikt leken, is bij dit onderzoek het verband tussen drijven en zinken gekozen.

Binnen de horizon van de mechanica van Newton wordt dit verband als opwaartse druk geïnterpreteerd, met het drijven als grensgeval van de opwaartse beweging. De opwaartse druk op zijn beurt wordt weer teruggevoerd op de opwaartse kracht als element van een euclidische vectorruimte. Haar grootte hangt af van de dichtheid van het medium en van het volume van het betreffende lichaam. Dat laatste wordt, als het lichaam niet helemaal ondergedompeld is, bepaald door de diepte waarop het in het water zit. De grootte van de opwaartse kracht hangt daarentegen niet af van het materiaal van dit lichaam, zijn gewicht of zijn vorm. Daarbij maakt het niet uit of dit lichaam drijft, op de bodem van het betreffende medium ligt of zweeft. Als immateriële, ideaal-exacte oorzaak, moet de opwaartse kracht zowel onderscheiden worden van haar uitwerking als van haar oorsprong: de dichtheid van het bepaalde medium in het zwaartekrachtveld van de aarde. In tegenstelling tot de natuurkundige interpretatie, laat de dagelijkse waarneming zien dat of en hoe iets drijft of zinkt wel degelijk aankomt op het materiaal, dus of het uit kurk of hout bestaat, of uit metaal of steen. Het zou daarentegen weer niet aankomen op het volume, daarvoor in de plaats echter wel op de vorm. Deze opvatting werd in de loop van het onderzoek naar het voorbeeld-begrijpen bevestigd door uitingen van leerlingen zoals: "het water draagt 'n plat stuk hout beter dan 'n ronde kogel of zo". Daarna verwijzen ook schepen van metaal, een materiaal dat normaal gesproken niet drijft. Met hun vorm verwijzen schepen tegelijkertijd naar menselijke kennis en menselijk handelen als oorzaak van hun drijven. Met het doel waarvoor ze gebouwd zijn verwijzen ze ook naar teleologische oorzaken. Verder bevat de horizon van ervaringen met betrekking tot drijven en zinken een weten dat water niet alles en iedereen draagt. Wel echter wordt datgene gedragen wat voldoende licht is, hol is of lucht bevat, dat in water zoals bekend is omhoog stijgt, of wat verder daarvoor geschikt is zoals bijvoorbeeld hout.

Gewoonlijk worden bij dit samenstel van empirisch aanschouwelijke causaliteit geen vragen gesteld omdat het aloud en vertrouwd is. Evenmin is dit verband tussen drijven en zinken in het dagelijks leven ooit voorwerp van kennistheoretische belangstelling. Vanwege de zekerheid van hun leefwereldbegrip over het verband tussen deze zaken, zullen scholieren hierover niet zonder meer in verlegenheid te brengen zijn. Voor een inleiding tot het begrijpbaar-maken hebben we evenwel toch een dergelijke voorbeeldmaterie nodig, om een natuurkundige begripshorizon met de daarbij horende realiteit voor te bereiden en een basis te geven.

3. Inleiding tot het begrijpbaar-maken en voorbeeld-begrijpen.

Om een mogelijk misverstand te vermijden: het voorbeeld-begrijpen bij een inleiding tot het begrijpbaar-maken heeft niet de bedoeling naar een helder en duidelijk gedifferentieerde begripshorizon van drijven en zinken in de zin van de mechanica van Newton toe te werken. Dat is alleen al vanwege het principiële verschil met het in de leefwereld gegeven begrip van drijven en zinken niet mogelijk. Veelmeer gaat het om het ontstaan van een eerste, dat wil zeggen proto-typische, natuurkundige begripshorizon, hoe inhoudelijk onbepaald die aanvankelijk ook moge zijn.

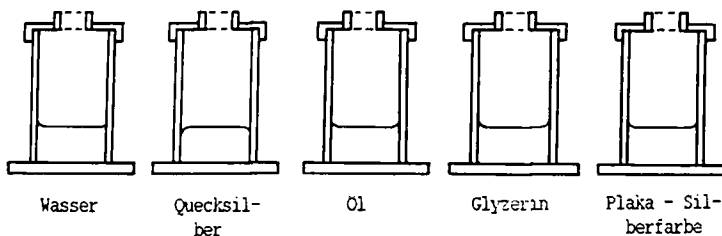


Fig.1. De gebruikte vloeistoffen

Als voorbeeldmateriaal dienden onder andere vijf vloeistoffen in steeds tot een kwart gevulde plexi-glas vaten. In de tekening staan ze in de volgorde water, kwikzilver, olijfolie, glycerine en Plaka-zilververf.² (fig.1) Iedere leerling kreeg een houten, een plexiglas en een stalen kogel van telkens 26 mm doorsnede in de hand. Daardoor konden ze de massiviteit en het gewicht van de stalen kogel ervaren. Vervolgens werd in de vaten water, olie enzovoort erbij gegoten. Dat liet hen zien dat de vloeistoffen vloeibaar zijn. Bij iedere vloeistof vroeg de leraar: "Wat gebeurt er als...." en liet dan een houten, plexi-glas of stalen kogel in het glas vallen.

De geschetste maatregelen dienden aan de ene kant om het impliciet aanwezige weten uit ervaring - dat niet-thematisch fungeert - op te halen. Namelijk dat water, zoals nu eenmaal eigen is aan vloeistoffen, door vaste, massieve dingen, in het bijzonder van metaal, zonder enige moeite doordrongen kan worden en dat dit omgekeerd ook eigen is aan massieve dingen. Aan de andere kant dienden zij om over te kunnen gaan van het vertrouwde verband tussen drijven en zinken naar een *aporetische situatie*. Het aporetische van een situatie wordt ingeluid als gedane en verwachte waarnemingen niet datgene opleveren waarop gerekend wordt. Die maatregelen moeten bovendien tot een strijdigheid leiden, een strijdigheid tussen de niet verwachte waarneming en de nog aanwezige begripsmatige horizon, die tot die verwachting leidde en voorvormde. De strijdigheid van een aporetische situatie bergt een *reflexiviteit* in zich, een "betrokken-

worden-bij..." (Lipps, 1958, p.44), bij een weten dat tot dan toe onproblematisch functioneerde, in de zin van een min of meer bewust "zo niet". Slechts zo lang als het aporetische van een situatie duurt, kan in de eigenlijke betekenis omgeleerd worden. De aporetische situatie is een heel wezenlijk structureel moment van het voorbeeld-begrijpen.

De leerlingen die zeker zijn van hun verwachting dat de stalen kogel door *alle* vloeistoffen heen op de bodem van het vat zinkt, dus ook door het kwik, raken inderdaad in een aporie bij het zien van de even op het kwik "dansende" en dan rustende stalen kogel. Voor het drijven van de, in vergelijking tot de andere, zware stalen kogel op de tweede vloeistof, dat eigenlijk niet zou mogen kunnen, was ook geen redelijke verklaring te bedenken, tenminste niet zomaar zonder meer. Vanuit de haar eigen *instabiliteit* evenwel dwingt een dergelijke aporie naar een oplossing, die de niet verwachte, onbegrijpelijke waarneming weer begrijpelijk maakt. Weliswaar leidt een dergelijke aporie geenszins vanzelf naar het nagestreefde om-leren. Veel eerder staat het voorbeeld-leren aan het voortdurende gevaar bloot te mislukken, tot de nieuwe begripsmatige horizon met de erbij horende realiteit zich gevestigd heeft, hoe inhoudelijk onbepaald aanvankelijk dan ook. De leraar is juist nodig bij het voorbeeld-begrijpen dat tot doel heeft in te leiden tot het (wetenschappelijk) begrijpbaar-maken. Hij moet de steeds weer opduikende verbanden uit de leefwereld oppakken. Niet door ze op te roepen, maar door te laten zien hoe ze steeds weer tot strijdigheden leiden met de niet verwachte waarnemingen en zo hun geldigheid verliezen. De leraar is niet slechts de arrangeur, maar een integraal deel van het voorbeeld-begrijpen. Zijn opgave is het de aporie te reorganiseren en te intensiveren, om de vorming van de nieuwe begripsmatige horizon zo dwingend mogelijk te maken - hoewel een om-leren uiteindelijk niet werkelijk af te dwingen is.

Bij mijn onderzoek kwam het nagestreefde om-leren pas tot stand, toen de leerlingen in botsing kwamen met de fundamentele begrips- en ervarings-horizon dat ieder gebeuren een oorzaak moet hebben. In deze confrontatie vormde zich een begripsmatige horizon, die in ieder geval van een nieuwe kwaliteit genoemd mag worden voor wat betreft de empirisch aanschouwelijke begrijpbaarheid van het drijven in de leefwereld. Het was de horizon van een immateriële oorzaak, die weliswaar uit het vloeibare voortkomt, maar daarvan (en van haar zintuiglijke kwaliteiten) ook wezenlijk verschillend moet zijn en toch massieve voorwerpen als stalen kogels uit het vloeibare kan verdrijven.

Echter, zowel voor de vorming van deze begripsmatige horizon als voor de confrontatie met de impliciet functionerende kennis van een universeel geldende causaliteit, geldt dat ze bepaald niet vanzelf tot stand kwamen.

De drijvende stalen kogel maakte allereerst een weten uit ervaring zichtbaar, dat zwaarder is wat beneden, lichter is wat zich boven bevindt resp. drijft.

Het is een weten dat bijvoorbeeld uitgedrukt wordt in de woorden: "als men daar eens een kogel van 50 kilo in zou gooien, een beetje grotere, dan zou die niet drijven". Deze oplossing van de aporie kwam niet onverwacht, gezien eerder onderzoek (Meyer-Drawe/Redeker, 1985, p.42 e.v.). De subjectieve gewichtsvergelijking van een stalen kogel van 6 cm doorsnede en ongeveer 890 g met ca. 470 g kwik³ (fig.2), met het oog op het drijven van kleinere stalen kogels in het grote vat met kwik, versterkte de verwachting dat deze kleine hoeveelheid kwik de grote kogel in geen geval zou kunnen dragen.

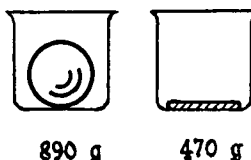


Fig.2. De kogel en het kwik

Als de leerlingen ook na het overgieten in een speciaal plexiglasvat overtuigd bleven: "Die ligt op de bodem"⁴ (fig.3), dan was een reorganisatie en intensivering van de aporie mogelijk. Want de kogel die niet meer op de bodem van het vat gehouden werd, dreef zichtbaar omhoog - "niet veel" zoals de leerlingen opmerkten, maar ze dreef.

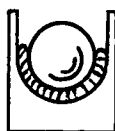


Fig.3. De kogel op het kwik

De intensivering van de aporie kwam bijvoorbeeld tot uitdrukking in een bijna bewegingsloos toekijken, waarbij het verschijnsel van de drijvende stalen kogel intensief bekeken werd. Het werd ook in woorden, eerder gefluisterd dan luid, uitgesproken: "Dat gooit alles in de war". Doordat de grote kogel ging drijven was niet alleen hun kennis, dat ze niet kon drijven en waarom niet, ongeldig gemaakt. Het was zo zonder meer ook met geen mogelijkheid te begrijpen, waarom de kogel, die zwaarder was dan de vloeistof die hem droeg, niet op "de bodem bleef liggen" en tegelijkertijd, dat de kleine stalen kogel in het grote kwikvat dreef. Voorwaarde was echter dat de betreffende leerlingen niet de uitweg zagen waarheen het voorbeeldmateriaal met zijn bijzondere bodenvorm zelf verwees. In deze geïntensiverde aporetische situatie kregen de leerlingen een stamper, waarmee ze de kleinere kogel telkens weer in het kwik drukten⁵

(fig.4). Ze concentreerden zich daarmee op het niet zichtbare maar wel voelbare: "Het wordt omhooggedrukt", "Er is tegendruk", "Als ze op de bodem is, wil de kogel naar boven", enzovoort. In dergelijke uitingen van leerlingen, waarin de vloeistof dat "zelf doet", door haar wordt de kogel "immers feitelijk opgetild", kondigt zich met de evidentie van de zintuiglijke waarneming weer het gevaar aan van mislukken van de aporie.

Daarom was het noodzakelijk, in een zogenaamd "socratisch gesprek", de tegenstelling te problematiseren tussen het omhoogdrijven van de kogel vanaf de bodem van het vat (ondanks haar gewicht), de vele vloeistof boven haar en de zo geringe hoeveelheid onder haar, en daardoor de aporie te stabiliseren. Pas toen in de loop van dit gesprek ook de mogelijkheid verdween de drijvende stalen kogels, uit welke empirisch aanschouwelijke oorzaak dan ook, te begrijpen, werden de betreffende leerlingen met hun tot dan toe nog niet bewust functionerende kennis van de algemeen geldende causaliteit geconfronteerd.

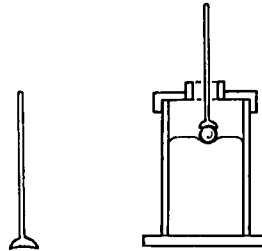


Fig.4. Het omlaagdrukken van de kogel

Dat vond zijn uitdrukking bijvoorbeeld in de bijna vertwijfelde uitspraak: "Er moet toch ergens iets zijn wat dat omhoogdrukt". In deze konfrontatie werd het nagestreefde om-leren geïnduceerd, waarbij de begripsmatige horizon een immateriële oorzaak vormde, die desalniettemin op materiële voorwerpen werkt en uit materiële voorwaarden voortkomt.

Ik moet hier open laten, of een directe aanwijzing van de leraar in deze laatste, intensiefste fase van de aporie nodig is om het beoogde om-leren te induceren. Als de geldigheid van de algemene causaliteit wordt uitgedaagd, is het misschien al voldoende een toespeling te maken op de besproken tegenstelling. Namelijk tussen het omhoogstijgen van de kogel van de bodem van het vat ondanks haar gewicht, de vele vloeistof boven haar en de zo geringe hoeveelheid onder haar. Misschien is echter ook een directe aanwijzing nodig, zoiets als: "Er is iets, dat zelf niet vast of vloeibaar is en desondanks een massieve stalen kogel uit de vloeistof verdrijven kan". Het materiaal van mijn onderzoek laat een definitieve uitspraak niet toe. Toch toont dit materiaal aan, dat er zoiets als een "vormende kracht van de taal" is, die echter nog nauwkeuriger onderzocht moet worden.

Met het oog op het *begin* van het ontstaan van een immateriële oorzaak kunnen nauwelijks criteria aangegeven worden waarover geen twijfel bestaat. Dit alleen

al vanwege de onbepaaldheid die hoort bij het begin van ieder werkelijk nieuw weten. Er zijn evenwel aanwijzingen voor het daaropvolgende zich vormen van deze oorzaak zoals een kort gesprekje tussen twee leerlingen laat zien. De ene leerling was zeker over de stalen kogel op de bodem van het vat met water: "Die is er (de oorzaak). Alleen niet zo sterk". De tegenwerping: "Nee, die werkt helemaal niet", beantwoordde hij met: "Wel, als ze niet werkte zou hout toch ook niet drijven". Het was een overtuiging die tegelijkertijd op het horizon-karakter van het nieuwe begrip van oorzaak verwees. Tot zulke aanwijzingen horen ook uitlatingen van leerlingen zoals: "Dat, wat van anderen drukt, moet sterker zijn" (dan de kogel en de erop rustende vloeistof zwaar is), "anders kon ze niet omhoogkomen". Er is ook een kennistheoretische belangstelling op te merken over wat het precies is "dat alles omhoogdrukt" en hoe men daarover meer te weten zou kunnen komen. Een leerling kenmerkte de met succes gevormde begripsmatige horizon van een immateriële oorzaak voor de drijvende stalen kogels als volgt. Op de vraag van de leraar "Drukt de vloeistof de kogel weer omhoog?" reageerde hij eerst met een spontaan "Nee!". Vervolgens legde hij uit: "Dan zou de kogel boven op de vloeistof blijven en de vloeistof zou zich samentrekken...zoals bij een matras of zo iets, of zoals bij een veer... De matras zou ingedrukt worden en de kogel zou niet ondergaan, die zou op dezelfde hoogte blijven als eerst...dus...". Later benadrukte deze leerling: "Maar de vloeistof heeft er ook mee te maken dat de kogel omhoog komt - *en nog iets anders*".

Als de beoogde begripsmatige horizon zich daarentegen niet gevormd heeft, dan houden de leerlingen vast aan de evidentie van de zintuiglijke waarneming. "Er is niets anders behalve de vloeistof die drukken kan", "Het (kwik) stoot immers alles af...., en dat kan men ook zien hier boven (bij de kogel, aan de rand van het vat) dat is zo grappig, dat klopt helemaal niet". Of de leerlingen vermoedden de oorzaak van het omhoogstijgen resp. drijven in stoffen die men eventueel "er uit zou kunnen filteren", analoog aan het zout van de "Dode Zee".

Het in het voorbeeld-begrijpen naar boven komende verband tussen de nieuwe begripsmatige horizon en de al vanuit de leefwereld gegeven ervarings- en begripsmatige horizon is niet alleen maar uiterlijk, zoals het geval zou zijn wanneer het slechts een tegelijkertijd optreden van onafhankelijke elementen was. Het heeft veeleer een functionele betekenis waardoor het voor-begrip uit de leefwereld omgestructureerd kan worden. Hierdoor wordt kennis, die aanvankelijk niet-thematisch de gedachten leidt, gedeeltelijk buiten werking gesteld omdat ze niet meer aduquat is. Bijvoorbeeld dat hout vanzelf al zou drijven en massieve dingen van metaal in vloeistof zouden zinken. De functionele betekenis strekt zich echter evenzeer uit tot het waargenomene als tot het veld van waarneming: de evidentie van zintuiglijke waarneming en de uitsluitende geldigheid van empirisch-aanschouwelijke oorzaken bijvoorbeeld. Dit wordt

aangetoond doordat er belangstelling komt voor kennis over de immateriële oorzaak. Naar het drijven en zinken van de stalen, houten en plastic kogels in de verschillende vloeistoffen wordt nu heel anders gekeken, er kan met een immateriële oorzaak rekening gehouden worden.

De maatregelen om ruimte te geven aan het ontstaan van een nieuwe begripsmatige horizon verlopen in het continuüm van het in-de-wereld-zijn van de leefwereld. Verder zijn er fasen van verschillende intensiteit in de aporetische situatie van het voorbeeld-begrijpen. Beiden kunnen, oppervlakkig gezien, de schijn wekken van een continue overgang naar de nieuwe begripsmatige horizon van natuurkundige aard. Deze schijn kan door de logische redenering die voor een beschrijving nodig is nog versterkt worden. Toch is het vlechtwerk van empirisch aanschouwelijke causaliteit, zoals bij drijven en zinken, geenszins continu tot het denken over een immateriële oorzaak uit te breiden of te preciseren. Het is immers een oorzaak die niet toegankelijk is voor zintuiglijke waarneming, die geen materieel karakter heeft, hoewel ze uit materiële voorwaarden voortkomt, en die ook dan nog werkt als een voorwerp niet drijft of zweeft. De prestatie in abstrahering die bij het om-leren geleverd moet worden, is van een heel andere aard dan die bij het generaliseren in het zogenaamde inductieve leren. Ze komt veel eerder overeen met de *ideatie*, die de nieuwe begripsmatige horizon met de haar eigen realiteit plotseling, zonder overgang laat ontstaan. Ze is te vergelijken met de "Gestalt"-wisseling bij de Vexier-beelden en Kipp-figuren uit de Gestaltpsychologie. Dit dan echter met het wezenlijke verschil dat de begripsmatige horizon, waar het in dit artikel over gaat, in de aan de wisseling voorafgaande leefwereldkennis niet "voorgetekend" is.

Het voorbeeld-begrijpen heeft het karakter van een *markante gebeurtenis*. Dit komt vooral door de prestatie in abstrahering die bij de ideatie plaats vindt en doordat het ontstaan van werkelijk nieuwe kennis niet-geleidelijk gaat. Het zich voltrekken van het om-leren onttrekt zich aan de bewuste wil van zowel de onderwijzende als de lerende. De gesitueerdheid, die een voorbeeld-begrijpen met ieder andere manier van leren gemeen heeft, sluit zijn reproduceerbaarheid uit. Geen lerende kan besluiten tot het aannemen van kennis waar hij nog totaal geen weet van heeft. Voordat de ideatie heeft plaatsgevonden kunnen niet verwachte waarnemingen steeds weer uitgelegd worden op een manier die hoort bij de leefwereld. En zelfs bij het zich voltrekken van een om-leren kunnen deformaties van een nieuwe begripsmatige horizon meegevormd worden. Een dergelijke deformatie kwam met betrekking tot het drijven en zinken bijvoorbeeld in de volgende slotconclusie tot uitdrukking: houten, resp. plastic kogels zouden in kwik zinken, alleen metaalachtige voorwerpen zouden daarin drijven. De werking van de nieuwe immateriële oorzaak was hier beperkt tot metaalachtige voorwerpen in de speciale vloeistof kwik.

Hoe de voorbeeldmaterie *aanvankelijk* gepresenteerd wordt bepaalt reeds

hoe een inleiding tot begrijpbaar-maken verloopt. Toen het bijvoorbeeld niet lukte het vloeistofkarakter van kwik te laten domineren over andere tastbare bijzonderheden van kwik, kwam een aporie, die voor het lukken van een voorbeeld-begrijpen onontbeerlijk is, aanvankelijk helemaal niet tot stand. Een *buitengewone* vloeistof kan nu eenmaal ook buitengewone gevolgen hebben, als uitzondering op de regel zelfs het drijven van stalen kogels.

Iedere inleiding tot begrijpbaar-maken staat vanaf het begin in het spanningsveld van de dagelijkse ervaring en haar natuurwetenschappelijke verklaring. Hieruit komt voor het onderwijzen en leren van moderne natuurwetenschappen een niet te omzeilen weerstand voort. Als ze in de aporetische situatie van het voorbeeld-begrijpen wordt geplaatst, wordt deze weerstand echter *bron* van het om-leren, hoewel ook niet altijd en noodzakelijkerwijs.

4. Verdergaand begrijpbaar-maken.

De inleiding tot het begrijpbaar-maken maakt niet alleen een verdergaand begrijpen mogelijk, ze vereist die ook. Want een prototypische begripsmatige horizon, zoals die van een immateriële oorzaak, is de minst vertrouwde, de minst bewezen en inhoudelijk de minst zekere horizon in het geheel van waaruit het in-de-wereld-zijn in de leefwereld wordt begrepen. Ze verkeert daardoor steeds in het gevaar het onderspit te delven tegenover de onmiddellijke begrijpelijkheid van empirisch aanschouwelijke verschijnselen en de praktische belangen van de leefwereld.

Het is dan ook geenszins vanzelfsprekend, dezelfde oorzaak, die in verschillende vloeistoffen op verschillende dingen werkt, ook in een medium als lucht te zien werken, zowel op een steen op de grond als op een ballon die, gevuld met gas, opstijgt. Lucht is immers verschillend van iedere vloeistof, zoals duidelijk te merken is. We zagen al dat een prototypische natuurkundige begripsmatige horizon niet ontstaat door een continue overgang waarin de dagelijkse ervaring steeds nauwkeuriger omschreven wordt. Net zo min kunnen impliciete verwijzingen naar andere verschijnselen evident worden gemaakt door middel van een continue, steeds nauwkeuriger omschreven vooruitgang, eventueel gecorrigeerd, gedifferentieerd of zelfs getranscendeerd. Zo moet, om de versnelling van rechtlijnige en kromlijnige bewegingen te kunnen begrijpen, een gelijkmatige beweging, een beweging zonder oorzaak, voorondersteld worden. Of om een natuurkundige uitleg van de ervarings-horizon van de leefwereld te kunnen geven, dat licht een noodzakelijke voorwaarde voor het zien is.

Het discontinue verloop van het leren van moderne natuurwetenschappen wordt, niet in de laatste plaats, mede bepaald door een discontinuïteit die in de historische *verandering* van zijn onderwerp ligt. Zo schetst bijvoorbeeld het stelsel van verbanden, behorend bij de electromagnetische horizon, een realiteit die in de mechanische horizon van de newtonse stempel noch te deduceren valt, noch

continu ontwikkeld kan worden. Daaraan wordt niets veranderd doordat problemen van vroeger, later weer opgepakt werden vanuit andere horizonnen en anders uitgelegd konden worden. Zoals bijvoorbeeld optische verschijnselen eerst in een mechanische en later in een electrodynamische horizon bekeken werden. Of de identiteit van trage en zware massa in de relativistische horizon. Bovendien kan dezelfde horizon andere horizonnen van kleiner formaat in zich bergen. Daaruit kunnen soms elkaar tegensprekende theorieën ontstaan, zoals bijvoorbeeld de deeltjes- en golftheorie van het licht, het eerst door Newton en Huygens in de horizon van mechanistisch denken opgesteld.

Niet alleen historisch gezien moet nieuwe kennis zich tegenover traditionele of schijnbaar bewezen kennis waarmaken, zonder weet te hebben van toekomstig succes of toekomstige bevestiging; dit geldt ook voor het onderwijzen en leren. De verdergaande begripsvorming, waarin de nieuwe werkelijkheid als de eerste werkelijkheid moet gaan gelden, zal net zoals de inleiding tot het begrijpbaar maken, de structuur van het voorbeeld-begrijpen moeten hebben. Dit niet in de laatste plaats ook met het oog op haar kwantitatief experimentele bestemming, van de begrips- en theorievorming zowel als van de verschillende voorstellingswijzen van natuurwetenschappelijke kennis van deze werkelijkheid. Er is echter ook een wezenlijk verschil, namelijk dat bij het voorbeeld-begrijpen in dienst van een verdergaande begripsvorming al een voor-begrip aanwezig is dat in ieder geval een prototypische begripsmatige horizon van natuurkundige aard impliceert.

De voorbereiding op een steeds weer "geraakt-worden-door...", dat is voortdurend de opgave van onderwijzen. Tenminste totdat die beroemde "transfer" voldoende mee-geleerd is, die de lerende werkelijk subject van het eigen leren laat zijn. Dit is een opgave die meteen ook een emancipatorische opgave is.

De intussen veelvuldig aangetoonde ontoereikendheid van het leren van moderne natuurwetenschappen kan gewoon als het twijfelachtige "succes" van de continuïteitsstelling gezien worden. Als gevolg van deze stelling wordt de kant en klare prestatie van de moderne natuurwetenschappen als uitgangspunt genomen om haar didactiek te construeren. In plaats daarvan zou opgehelderd moeten worden in hoeverre de ontwikkeling van deze wetenschap ook voor de ontwikkeling van het onderwijzen gebruikt kan worden, aan de ene kant om te helpen bij de betreffende discontinue momenten, maar ook met het oog op deze ontwikkeling in zijn geheel.

Dit ophelderen is eerst en vooral een opgave van de vakdidactiek. Deze opgave kan echter niet gezien worden als de empirisch-aanschouwelijke wereld beschouwd wordt als uiting van een altijd al gegeven primaire werkelijkheid, vermaatschappelijkt met het idee van een geleidelijke, cumulatieve voortgang van wetenschappelijke kennis van deze werkelijkheid. Een dergelijke manier van kijken leidt er veel eerder toe de verbanden tussen de waarnemingen van de

leefwereld iedere eigen geldigheid te ontnemen en tot mislukte voorlopers van wetenschappelijke kennis te degraderen. Dan kan wetenschappelijke rationaliteit als de oorspronkelijke manier van menselijke kennis gezien worden, die zich onder de gegeven maatschappelijke voorwaarden automatisch tot meer of minder geslaagde voor-vormen en lijkend-op-vormen van wetenschappelijke kennis "ont-wikkelt". Dan kan men ook overal continue overgangen zien in het leren van moderne natuurwetenschappen, tot op het niveau van de hoogste abstracties aan toe.

5. Nawoord

Misschien kan een fenomenologisch-hermeneutische opzet op zijn minst helpen van de natuurwetenschappelijke vakdidactieken wetenschappelijke disciplines te maken. Persoonlijk ben ik daarvan overtuigd, ook al heb ik mijn onderzoek over onderwijzen en leren tot nu toe vooral aan de hand van het leren van natuurkunde bedreven. Inzoverre echter de diverse op elkaar betrekking hebbende disciplines op elkaar lijken met betrekking tot hun object van kennis en waar ze met hun kennis greep op willen krijgen, zouden structuren van onderwijzen en leren van natuurkunde ook over dit smalle bereik heen gelden. Hierbij moet ook wel in de gaten gehouden worden wat het verschil is tussen de op elkaar betrokken disciplines.

Ik besef echter heel goed, het discontinue verloop van het leren van moderne natuurwetenschap en zijn innerlijke betrekking tot het onderwijzen in voorbeeld-begrijpen (waarbij het onderwijzen van het leren weliswaar onderscheiden kan worden, maar niet feitelijk te scheiden) pas als *fenomeen* overdacht te hebben. De opheldering daarvan in detail en in omvang moet nog uitgevoerd worden. Dat betekent ook een herinterpretatie van inspanningen en inzichten op vakdidactisch en pedagogisch gebied en vanuit de onderwijspraktijk, vanuit het gezichtspunt van leren als discontinue proces van om-leren. Om van verdere opgaven maar helemaal te zwijgen: het onderzoeken van methodes, die de eisen van inleidende en verdergaande begripsvorming met de voorwaarden van het instituut school optimaler dan tot nu toe kunnen combineren. Niet in de laatste plaats ook de legitimatie van de mathematische natuurwetenschappen in het algemeen vormend onderwijs, evenals de doelen van het onderwijs, die daaruit voortvloeien.

In hoeverre een fenomenologisch-hermeneutisch georiënteerde aanpak dit terrein van opgaven alleen bestrijken kan, moet ik hier onbeantwoord laten. Ik ben er echter zeker van dat een dergelijke aanpak het mogelijk maakt om het zich voltrekken van leren in zijn verstrengeling met onderwijzen samen in status nascendi te onderzoeken en weer als een "gemeenschappelijke fundamentele prestatie van het menselijke bestaan" (G.Buck, 1969, p.13) te begrijpen. Want leren heeft zijn eigen horizon. Daarin leren wij, als we leren,

tegelijktijd ook impliciet iets over ons leren zelf, namelijk hoe we goed kunnen leren en of we goed kunnen leren. De gang van het leren stelt, zo zegt G. Buck in zijn werk "Leren en Ervaring", niet alleen een "toevallig genetisch moment van een geleerde prestatie" voor, "die in ieder geval een psychologische belangstelling verdient". Veel eerder hoort hij "tot het volledige wezen van deze prestatie zelf". (G. Buck, 1969)

Noten:

1. De redactie dankt R.J. Genseberger voor de uiterst moeilijke vertaling van dit artikel. Daarbij is meer aandacht komen te liggen op een zo zorgvuldig mogelijke weergave van de gedachten van de schrijver, dan op vloeiend nederlands. Dat vraagt van de lezer enige extra inspanning. Wij menen echter dat de gedachten van Redeker deze extra inspanning waard zijn.
2. De onderzoeken werden in groepen van ieder 4 leerlingen en een leraar uitgevoerd. De verschillende processen werden door middel van video vastgelegd en met elkaar vergeleken en geïnterpreteerd met het oog op het voorbeeld-begrijpen. In mijn weergave heb ik vooral gelet op, wat met het oog op de structuur van het voorbeeldbegrijpen, resp. het discontinue van het zich voltrekken van het leren van belang was. Daarom heb ik hier ook slechts een gedeelte van het voorbeeldmateriaal voor de weergave van het voorbeeld-begrijpen gebruikt.
3. De bekerglazen werden door de leerlingen met de hand opgetild.
4. Eerst werd de 470 g kwik in het speciale plexiglas gedaan, dan werd de grote stalen kogel met behulp van een electro-magneet in dit vat gelegd en op de bodem gedrukt. Na het verwijderen van de electromagneet dreef de kogel omhoog.

Adres van de schrijver: Dr. B. Redeker, Amtshausstr. 11, D-4980 Bunde

Literatuur.

- Aristoteles, *Lehre vom Beweis oder zweite Analytik*, 71a
- Buck, G. (1969) *Lernen und Erfahrung*, Stuttgart: W. Kohlhammer Verlag, tweede verbesserte Auflage.
- Galilei, G. (1980) *Siderius Nuncius - Nachricht von neuen Sternen*, Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 337.
- Lipps, H. (1954) *Die Wirklichkeit des Menschen*, Frankfurt a.M.: Vittorio Klostermann.
- Lipps, H. (1958) *Die verbindlichkeit der Sprache*, Frankfurt a.M.: Vittorio Klostermann.
- Meyer-Drawe, K. & B. Redeker (1985) *Lernen und Erfahrung*, Bad Salzdetfurth: Verlag Franzbecker.
- Redeker, B. (1990) Leefwereld en natuurkundige interpretatie bij het ontstaan van nieuwe kennis, *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 2, 85-99.