

Concept-verandering in constructivistisch onderwijs; op zoek naar een theoretisch fundament

P.Licht

Vakgroep Didactiek en Practica Natuurkunde
Vrije Universiteit Amsterdam

Summary

Educational researchers are eager to find an answer to questions like 'how do concepts change' and 'how can we influence the process of conceptual change'. In answering these questions we discuss in this article the possible contributions of some contemporary philosophers of science and the 'Personal Construct Psychology' of Kelly. Our conclusion is that we still seem to be far from a consistent teaching-learning theory. The discussed philosophical and psychological contributions only lead us to some rules of thumb for the arrangement of education.

1. Inleiding

De aanname dat leren onder meer tot stand kan komen in de confrontatie tussen wat iemand ervaart en de reeds bij haar/hem aanwezige ideeën en begrippen is beslist niet nieuw. Al in de dertiger jaren werd door Piaget (1930) gewezen op de eigen interpretatiekaders van kinderen in leersituaties. Piaget's denkbepelden hebben een grote invloed gehad op met name het natuurwetenschappelijk onderwijs. Wij doelen hiermee zowel op zijn theorie over de onderscheiden vier fasen in de cognitieve ontwikkeling - sensomotorisch, pre-operationeel, concreet operationeel, formeel operationeel - als zijn theorie over de ontwikkeling van de mentale structuur. De opbouw en de herziening van de reeds opgebouwde mentale structuur vormen de basis voor de cognitieve ontwikkeling. Nieuwe objecten of ervaringen worden ingepast in de bestaande mentale structuur door die structuur uit te breiden, te verfijnen of op te vatten als onderdeel van een grotere structuur; door Piaget assimilatie genoemd. Als dit inpassen niet succesvol blijkt, ontstaat een zogenaamde disequilibrium-toestand. De lerende zal de bestaande structuur gaan aanpassen door onderdelen van die structuur, dit zijn begrippen of groepen van samenhangende begrippen, te veranderen of te vervangen; door Piaget accommodatie

genoemd. Deze denkbeelden over opbouw en herziening van de mentale structuur vormen de constructivistische aspecten van Piaget's kennisleer. Elk individu construeert via assimilatie en accommodatie eigen betekenissen gekoppeld aan de opgedane ervaringen. Volgens deze constructivistische opvatting construeert elk individu zijn eigen mentale structuur, hetgeen wel zelf-regulatie bij de opbouw van een mentale structuur wordt genoemd. Vanwege de aspecten assimilatie, accommodatie en zelfregulatie wordt de theorie van Piaget ingedeeld bij de zogenaamde constructivistische theorieën over het leren (Kaufman, 1978).

In het begin van de jaren zeventig werd de theorie van Piaget vertaald in concrete instructieprocedures, bijvoorbeeld in het SCIS-project (Science Curriculum Improvement Study). Uit het betreffende lesmateriaal valt af te leiden hoe de begrippen assimilatie, accommodatie en disequilibrium kunnen worden uitgewerkt in concreet onderwijs. Maar aan het einde van de jaren zeventig is deze uitwerking van Piaget's denkbeelden in een ander daglicht komen te staan. Vanaf die tijd wordt steeds meer bekend van de intuïtieve ideeën en redeneerwijzen van leerlingen binnen bepaalde gebieden van de leerstof zoals mechanica of electriciteitsleer. Met intuïtieve ideeën en redeneerwijzen bedoelen wij in het vervolg de niet-wetenschappelijke begrippen die leerlingen hanteren bij hun interpretatie van natuurlijke verschijnselen. Door publicaties zoals van Viennot (1979) en van Driver, Quesne en Tiberghien (1985) hebben wij meer inzicht gekregen in deze intuïtieve leerlingideeën en vooral in de hardnekkigheid waarmee deze het formele vakonderwijs blijken te doorstaan. Intuïtieve ideeën kunnen onder meer voortkomen uit visuele ervaring van de lerende met het verschijnsel, uit een algemeen taalgebruik of uit een mogelijk vooroordeel m.b.t. het verschijnsel. De ideeën zijn vaak toereikend voor gebruik in een beperkt domein van de leefwereld. De theorie van Piaget geeft ons in de begrippen assimilatie, accommodatie en disequilibrium termen in handen om de geconstateerde hardnekkigheid van intuïtieve ideeën te beschrijven. Zij biedt de onderwijsontwikkelaar echter geen concrete aanwijzingen voor een veranderde opzet van het onderwijs, waarin expliciet rekening wordt gehouden met de verschillen tussen de aanwezige intuïtieve leerlingideeën en de te ontwikkelen vakbegrippen. Ook de uitwerking van Piaget's theorie in het SCIS-project biedt deze concrete aanwijzingen naar onze mening niet.

In het vervolg spreken wij van constructivistisch onderwijs als wèl expliciet rekening wordt gehouden met de aanwezige intuïtieve ideeën van leerlingen en met het verschil tussen deze ideeën en de te ontwikkelen vakbegrippen.

Doel van dit artikel is een opening te geven om (samen met anderen) op zoek te kunnen gaan naar een mogelijk theoretisch fundament

voor de ontwikkeling van constructivistisch onderwijs. Dit fundament moet op zijn minst aanwijzingen bieden voor de beantwoording van de volgende twee vragen:

1. onder welke (nodige en voldoende) voorwaarden wordt in een onderwijssituatie een intuïtief leerlingidee vervangen door een vakbegrip?
2. door welke factoren kan de aandacht worden gericht op het te ontwikkelen vakbegrip?
 Vele onderzoekers van onderwijs trachten een bijdrage te leveren aan de beantwoording van deze vragen. Een volledige beantwoording kan echter nog (lang?) niet worden gegeven.

2. De keuze voor twee theoretische ingangen

Laten we allereerst met een voorbeeld uit de natuurkunde proberen te verduidelijken in welke situatie naar ons idee expliciet rekening gehouden moet worden met een aanwezig intuïtief leerlingidee.

Voorafgaand aan het electriciteitsonderwijs denkt meer dan 80% van de leerlingen dat er stroom wordt verbruikt in een lampje of een weerstand. Het is duidelijk dat dit leerlingidee volledig afwijkt van het fysische begrip elektrische stroom. Voor ons kan in deze situatie geen sprake zijn van aanpassing van het leerlingidee. Wij zien geen aanknopingspunt om het leerlingidee te ontwikkelen tot het fysische begrip elektrische stroom. De kloof tussen leerlingidee en vakbegrip is daarvoor te groot.

Concrete aanwijzingen voor de inrichting van constructivistisch onderwijs dat rekening houdt met deze kloof, kunnen we slechts verwachten van theorieën die voldoen aan de volgende voorwaarden:

1. de verandering van de mentale structuur, m.a.w. de verandering van concepten (begrippen), vormt een centraal thema binnen de theorie: en
2. er is reeds een begin gemaakt met de uitwerking en de toepassing van de theorie in onderwijssituaties, waarbij rekening wordt gehouden met intuïtieve leerlingideeën.

Op grond van bovenstaande twee voorwaarden is de keuze gevallen op twee theoretische ingangen:

- a. een wetenschapstheoretisch geïntendeerde ingang, die reeds in de praktijk van het voortgezet en het universitair onderwijs wordt toegepast (zie onder meer Posner, Strike, Hewson en Gertzog, 1982; Hewson en Hewson, 1983, 1984). Voor de analyse van deze wetenschapstheoretische ingang bedienen wij ons niet van oorspronkelijke bronnen, maar van artikelen van genoemde personen;
- b. een psychologische ingang, namelijk de 'Personal Construct Psychology' van Kelly. Anderen hebben deze theorie uitgewerkt t.b.v. een praktische toepassing van het onderwijs en zien Kelly als een representant van de constructivistische stroom binnen de

cognitieve psychologie (zie onder meer Pope en Gilbert, 1983; Pope, 1985). Concrete toepassing van Kelly's theorie in het onderwijs is ons niet bekend. In feite voldoet deze theoretische ingang niet helemaal aan voorwaarde 2.

Om die reden zullen wij in het vervolg concrete aanwijzingen voor de inrichting van onderwijs, voortkomend uit deze ingang, dan ook slechts honoreren als ze in te passen zijn in de aanwijzingen voortkomend uit de eerste ingang. Voor de analyse van deze psychologische ingang baseren wij ons naast de artikelen van genoemde personen ook op de oorspronkelijke bronnen (Kelly, 1955; Kelly, 1970).

Omdat de theorie van Piaget wel voldoet aan voorwaarde 1 maar niet aan voorwaarde 2, laten we die verder buiten beschouwing.

Zowel in de gekozen wetenschapstheoretische als de gekozen psychologische benadering wordt leren opgevat als het veranderen van concepten. In de eerste benadering wordt dit idee overigens alleen uitgewerkt voor het schoolse leren en is niet duidelijk of in principe alle leren wordt bedoeld; in de tweede benadering wordt nadrukkelijk wel alle leren bedoeld. In bovengenoemde wetenschapstheoretische benadering wordt het individuele leren als analogon opgevat van de ontwikkeling van de wetenschap zelf; in de tweede benadering wordt leren gezien als een persoonlijke capaciteit om te anticiperen op gebeurtenissen door het opbouwen van een samenhangend systeem van concepten.

Op de vraag in hoeverre het huidige onderwijs als constructivistisch bestempeld kan worden, komen wij terug bij het bespreken van de implicaties van de wetenschapstheoretische benadering (par. 5.2). Maar eerst stellen we de wetenschapstheoretisch georiënteerde ingang (par.3) en de psychologische ingang (par. 4) aan de orde.

3. Een wetenschapstheoretische ingang voor constructivistisch onderwijs

Posner c.s. (1982) en Hewson en Hewson (1983, 1984) baseren hun constructivistisch onderwijs op wetenschapstheoretische literatuur van Kuhn, Lakatos en Toulmin. Zij leiden uit deze literatuur af dat wetenschappelijk onderzoekswerk meestal wordt uitgevoerd tegen de achtergrond van een aantal basisconcepten. Het ontwikkelen en uitbouwen van deze basisconcepten vatten zij op als de eerste fase in de ontwikkeling van wetenschappelijke concepten. De tweede fase betreft naar hun mening aan als de basisconcepten vanwege nieuwe objecten of ervaringen veranderd moeten worden. Kuhn spreekt dan van een revolutie, voor Lakatos is er sprake van een verandering in onderzoeksprogramma's in de vorm van een soort permanente revolutie. Toulmin beschrijft dit op een essentieel andere manier als een soort evolutionaire ontwikkeling, dus als een geleidelijke verandering

van begrippen. Zonder duidelijke argumenten stellen Posner c.s. voor de fasen in een leerproces analoog te zien aan de bovengenoemde twee fasen in de ontwikkeling van wetenschappelijke concepten. Voor Posner c.s. is dit de eerste parallel tussen wetenschappelijk onderzoek en het leerproces.

Onze kritiek op deze eerste parallel valt in twee categorieën uiteen:

1. kritiek die zich richt op de analyse van Posner c.s. van de wetenschapstheoretische literatuur - hierin staan we overigens zwak omdat we de bronnen zelf onvoldoende kennen;
2. kritiek op de uitwerking van deze parallel in de richting van het leerproces.

ad.1 De ontwikkeling van de wetenschap lijkt ons erg rigide weergegeven. Op zijn minst moet er voorafgaande aan de eerste en de tweede fase nog een soort nulde, exploratieve fase zijn, waarin de basisconcepten geenszins duidelijk zijn; het is zelfs de vraag of we in deze nulde fase mogen spreken van het bestaan van wetenschappelijke begrippen. Kuhn's theorie bevat wel een dergelijk soort stadium.

ad.2a Het al dan niet terechte uitgangspunt dat alle wetenschap zich volgens bovengenoemde twee fasen ontwikkelt, leidt in de richting van het leerproces tot een ontbreken van differentiatie. De ontwikkeling van vakbegrippen verloopt dan bij alle leerlingen volgens dezelfde fasen. We komen hier aan het einde van par. 3 op terug.

b Een ander probleem voor de uitwerking van deze parallel in de richting van het leerproces is dat Posner c.s. geen expliciete keuze maken tussen de revolutie van Kuhn-Lakatos enerzijds en de evolutie van Toulmin anderzijds. Duidt een revolutie op een grote kloof tussen bestaande ideeën en nieuwe begrippen, bij een evolutie is het mogelijk stap voor stap in een continuproces toe te groeien naar een nieuw begrip. De verandering van een intuïtief idee in een vakbegrip opgevat als discontinu proces moet naar onze mening leiden tot een andere inrichting van het onderwijs dan een verandering opgevat als een continu proces;

c De fasenindeling van het leerproces zonder meer als analogie te zien van die in het wetenschappelijk onderzoek lijkt ons te simpel. Wetenschappelijk onderzoek is essentieel anders dan wat zich afspeelt in een onderwijssituatie. Denk alleen maar aan de rol van de leraar.

Tot zover onze kritiek op de eerste door Posner c.s. onderscheiden parallel tussen wetenschappelijk onderzoek en het leerproces. Zou hun

bijdrage zich beperken tot deze eerste parallel, dan is hiermee de onbruikbaarheid van hun ideeën voor een uitwerking in de richting van onderwijs voldoende aangetoond.

De tweede door Posner c.s. onderscheiden parallel tussen wetenschappelijk onderzoek en het leerproces richt zich op de begripsontwikkeling. De parallel is dat bij beide de begripsontwikkeling bezien moet worden tegen de achtergrond van de aanwezige begrippen. Zonder deze begrippen is het de onderzoeker en de lerende onmogelijk om vragen te stellen over een verschijnsel, om te weten aan welke criteria een antwoord moet voldoen of om relevante en irrelevante kenmerken van een verschijnsel van elkaar te kunnen onderscheiden. De bruikbaarheid van deze tweede parallel komt naar voren in de combinatie die Posner c.s. maken van beide parallellen:

Want op grond van beide parallellen tussen wetenschappelijk onderzoek en leerproces, te weten de fasenindeling en de rol van aanwezige begrippen komen Posner c.s. tot aanzetten van antwoorden op de in de inleiding gestelde twee vragen over de voorwaarden en de factoren die een rol zouden spelen bij de verandering van intuïtieve ideeën in vakbegrippen. Posner c.s. maken het onderscheid tussen intuïtief idee en vakbegrip overigens niet en noemen alles concepten. Gebaseerd op een analyse van wetenschappelijk onderzoekswerk menen zij dat voor een verandering van concepten aan de volgende vier voorwaarden moet zijn voldaan:

- a. er moet ontevredenheid zijn over de bestaande concepten;
- b. het nieuwe concept moet begrijpelijk zijn;
- c. het nieuwe concept moet van de eerste confrontatie af plausibel lijken;
- d. het nieuwe concept moet vruchtbaar zijn, zowel in de oplossing van oude als van nieuwe problemen. Het concept moet tot nieuwe kennisverwerving kunnen leiden.

Gebaseerd op een analyse van wetenschapsfilosofische literatuur noemen zij een aantal factoren die kunnen helpen het proces van concept-verandering in de gewenste richting te laten verlopen - in het vervolg interpreteren wij deze factoren als 'ingrediënten' voor onderwijs:

1. maak gebruik van anomalieën - d.w.z. maak gebruik van onderdelen uit de bestaande kennis die strijdig zijn met bijvoorbeeld de uitkomst van een experiment;
2. maak gebruik van analogieën - d.w.z. maak voor het introduceren of verduidelijken van nieuwe begrippen gebruik van bestaande begrippen, waarvoor min of meer dezelfde regels gelden als voor

nieuwe begrippen. Dit kunnen ook meer formele analogieën zijn in de vorm van modellen;

3. maak gebruik van metafysische opvattingen en begrippen - bijvoorbeeld betreffende de mate waarin concepten en theorieën eenvoudig, ordelijk, symmetrisch en experimenteel toetsbaar moeten zijn.

Brengen we bovengenoemde voorwaarden (a t/m d) in verband met de factoren (1 t/m 3) dan ontstaat globaal het volgende beeld. Het zijn de anomalieën in de kennis die kunnen leiden tot ontevredenheid (voorwaarde a). Hiermee wordt het proces van concept-verandering voorbereid. Het nieuwe concept kan begrijpelijk worden gemaakt (voorwaarde b) door veel verschillende representaties te gebruiken - d.w.z. mondeling, symbolisch, concreet-praktisch en in beeld, tekening of diagram - waarbij analogieën een belangrijke rol kunnen spelen. Voor het plausibel zijn van een nieuw concept (voorwaarde c) zijn twee zaken van belang: (i) de verklaringskracht van het nieuwe concept. Kunnen alle ervaringen tot dan toe worden begrepen m.b.v. het nieuwe concept?; (ii) metafysische opvattingen, die bijvoorbeeld kunnen leiden tot de erkenning dat het nieuwe concept eenvoudiger is of meer symmetrisch of meer evenwichtig dan het oude idee. Tenslotte moet het nieuwe concept de mogelijkheid in zich hebben dat het is uit te breiden en toe te passen in nieuwe gebieden (voorwaarde d).

Over de door Posner c.s. genoemde voorwaarden merken we op deze nodig te achten maar niet voldoende. Door het benadrukken van de wetenschapstheoretische aspecten dreigt de leerling uit beeld te verdwijnen. In feite wordt een leerproces voorgesteld, waarin alle leerlingen dezelfde route doorlopen. Voor het ontwikkelen van optimaal constructivistische onderwijs - dit is onderwijs dat inspeelt op de individuele intuïtieve ideeën en redeneerwijzen - moet de voorgestelde aanpak in die zin worden aangepast dat differentiatie naar individuele leerlingen of groepen leerlingen mogelijk wordt. Bovendien wordt over het hoofd gezien dat de leerling geen wetenschapper is en de ervaring, de mentaliteit, de interesse en de metafysische kennis van een onderzoeker mist. Posner c.s. gaan uit van een rationele vorm van leren, terwijl het maar zeer te vraag is of we die vorm bij leerlingen altijd aantreffen, of de voor een concept-verandering noodzakelijke reflectie, bijvoorbeeld bij de afweging of het nieuwe concept al dan niet eenvoudiger is, kan optreden in het voortgezet onderwijs is dan ook onzeker. De voorwaarden b en c (begrijpelijkheid en plausibiliteit) worden met behulp van de factoren 2 en 3 (analogieën en metafysische opvattingen) onvoldoende aangescherpt om duidelijk te krijgen hoe Posner c.s. zich de presentatie van een nieuw concept voorstellen. Het hanteren van

veel verschillende analogieën binnen eenzelfde leerstofgebied maakt het nieuwe concept niet noodzakelijk begrijpelijk en plausibel. Het lijkt hier alsof Posner c.s. wel eisen stellen aan het nieuwe concept maar niet aan de daarmee verbonden analogie. Wij zijn van mening dat ook de gebruikte analogie aan de eisen van begrijpelijkheid, plausibiliteit en vruchtbaarheid moet voldoen. Ten aanzien van vruchtbaarheid betekent dit dat een analogie in uiteenlopende situaties moet kunnen worden toegepast.

Sterk punt van de voorwaarden is, dat het ons doet realiseren dat een nieuw concept begrijpelijk, plausibel en vruchtbaar moet zijn voor de leerling. Tevens wordt duidelijk dat, als het bestaande idee begrijpelijk, plausibel en vruchtbaar is voor de leerling, het bijzonder moeilijk zal worden het proces van concept-verandering überhaupt op gang te brengen. Zo heeft bijvoorbeeld het intuïtief idee van stroomverbruik bij veel leerlingen de status dat het begrijpelijk, plausibel en vruchtbaar is. Leerlingen vinden het idee eenvoudig en onweerlegbaar, omdat in een brandend lampje immers iets verbruikt moet worden. Ze passen het idee toe in uiteenlopende probleemsituaties. Een ander leerlingidee, namelijk dat een batterij of stopcontact gezien wordt als constante stroomgever wordt slechts in een beperkt aantal probleemsituaties toegepast. Al naar gelang de context van het probleem kan dit leerlingidee blijkbaar overvleugeld worden door andere ideeën. Het idee van constante stroomgever heeft dan de status dat het wel begrijpelijk en plausibel is voor de leerlingen, maar het is niet vruchtbaar. Een hypothese op grond van de theorie van Posner c.s. zou kunnen zijn dat de concept-verandering bij het idee van constante stroomgever beter is te realiseren dan bij het intuïtieve idee van stroomverbruik.

4. Een psychologische ingang voor constructivistisch onderwijs

In de 'Personal Construct Psychology' van Kelly wordt de conceptuele ontwikkeling opgevat als een evolutionair proces. Kelly ziet in ieder mens de wetenschapper (man the scientist). De mens benadert een situatie met een bepaalde persoonlijke hypothese of verwachting. Deze hypothese noemt Kelly een personal construct. Een aantal personal constructs kunnen zijn verbonden tot een consistent schema, dat voor elk individu verschilt. Een integratie van deze schema's tot één systeem kan leiden tot steeds hogere niveaus van abstractie. Kelly geeft overigens niet aan hoe deze integratie kan worden bevorderd en welke abstractieniveaus er onderscheiden kunnen worden. Voorts is het mogelijk om nieuwe hypothesen te toetsen, zonder dat oude hypothesen opzij geschoven behoeven te worden. Kelly noemt dit de differentiatie of fragmentatie van personal constructs. Zo is het mogelijk omtrent een bepaald object verschillende constructen te hebben zonder dat er aanleiding is aan één van deze constructen de

voorkeur geven. Kelly benadrukt dat alle theorieën - in de zin van alle gevormde schema's, dus niet alleen wetenschappelijke - door mensen opgestelde hypothesen zijn, die binnen een zeker tijdsbestek goed passen bij de dan bekende feiten, maar uiteindelijk altijd in een ander perspectief worden geplaatst of vervangen worden door een betere theorie. Hij stelt dan ook voor ieder individu aan te moedigen om haar/zijn ideeën als hypothesen op te vatten en niet als vaste entiteiten waaraan niet te tornen valt. Hij formuleerde zijn theorie in de vorm van één grondpostulaat en elf gevolgtrekkingen. In het grondpostulaat stelt Kelly dat alles wat de mens doet en denkt psychologisch wordt gekanaliseerd door de wijze waarop hij anticipeert op gebeurtenissen (Kelly, 1955, p. 47). Drijvende kracht bij de verandering van constructen is dan het vermogen te anticiperen. In het kader van dit artikel stellen wij slechts die gevolgtrekkingen aan de orde, die te maken hebben met het vermogen tot opbouw of verandering van constructen. Het gaat hier om de gevolgtrekkingen betreffende:

- (i) de organisatie van het systeem van constructen;
- (ii) het individuele karakter van de constructen;
- (iii) de variatie in beperkingen en openheid van ieders systeem van constructen;
- (iv) de al eerder genoemde fragmentatie van constructen; en
- (v) de sociale aspecten bij de opbouw van een systeem van constructen.

Zonder naar volledigheid te streven pogen we in het volgende deze vijf gevolgtrekkingen in één kader onder te brengen. Een uitvoeriger bespreking van deze theorie zou hier te ver voeren.

Het systeem van constructen is niet statisch, maar ontwikkelt zich voortdurend voor ieder op een eigen karakteristieke wijze. De verschillen in constructen kunnen zich uiten in verschillen in nadruk, draagwijdte en permeabiliteit (de mate van openheid voor verandering), in de positie van het construct binnen een hiërarchisch schema en in de sterkte van de relaties met andere schema's uit het systeem. Sommige verschijnselen kunnen wel eens helemaal niet in iemands overwegingen worden betrokken, omdat ze buiten het bereik van zijn systeem van constructen vallen. De permeabiliteit van een construct of een systeem van constructen geeft aan in hoeverre het als referentiepunt kan dienen in geval van nieuwe verschijnselen en in hoeverre nieuwe, ondergeschikte constructen eraan gekoppeld kunnen worden (Kelly, 1970, p.2). De permeabiliteit van het totale systeem zegt iets over de mate van toelaatbaarheid van inconsistenties. Een te geringe permeabiliteit van het totale systeem leidt tot een star gebruik van de aanwezige constructen. Een te grote permeabiliteit kan evenwel leiden tot te veel fragmentatie in niet samenhangende constructen. Individuen kunnen elkaar helpen en beïnvloeden in het

opbouwen van een systeem van constructen, mits betrokkenen enig begrip hebben van elkaars systeem.

Of een persoon zijn constructen zal wijzigen, hangt af van:

- a. de permeabiliteit van de constructen; en van
- b. het succes van de voorspellingen die gedaan kunnen worden op grond van de constructen.

De mate van verandering hangt af van de aard van de relaties tussen de diverse constructen en de positie van het construct binnen het persoonlijk, hiërarchisch schema en binnen het totale systeem.

De voorwaarden die Kelly noemt voor het veranderen van constructen vertonen overeenkomst met de door Posner c.s. gestelde voorwaarden voor het veranderen van concepten. In beide gevallen gaat het om de begrijpelijkheid en vruchtbaarheid van bestaande en nieuwe constructen of concepten. Kelly benadrukt sterker dan Posner c.s. het persoonlijk element in de vorming van constructen. Bovendien hebben bij Kelly alle hypothesen (constructen) dezelfde waarde. Er kan dus nooit een waardeoordeel worden uitgesproken over de door een individu gehanteerde constructen in termen van minder of meer wetenschappelijk. Het normatieve karakter van de ideeën van Posner c.s. ontbreekt bij Kelly volledig. Hier uit zich naar onze mening het risico verbonden aan de tweede theoretische ingang in onze analyse. Kelly heeft niet het onderwijs op het oog, Posner c.s. nadrukkelijk wel.

Kritiek op de theorie van Kelly met het oog op de uitwerking ervan in de richting van het onderwijs is dus feitelijk niet terecht. Toch richt ons tweede kritiekpunt zich wel op dit aspect, omdat ons doel blijft een theoretisch fundament te zoeken voor de ontwikkeling van constructivistisch onderwijs.

Onze kritiek richt zich op twee aspecten:

1. elk handelen van de mens voor te stellen als toetsing van bestaande constructen lijkt ons aanvechtbaar. Het gevaar is groot hiermee alles te willen omvatten en daarmee niets. Het streven een theorie te construeren voor een dergelijk breed gebied leidt tot gevolgtrekkingen uit het grondpostulaat die op zijn minst weinig logisch genoemd mogen worden. Een aantal elementen in de gevolgtrekkingen - b.v. het sociale aspect in de opbouw van constructen - komt in het grondpostulaat (zie boven) helemaal niet voor. Zo dreigt de theorie voortdurend uitgebreid te kunnen worden met gevolgtrekkingen die tamelijk los van elkaar staan;
2. een ander probleem is de volledige vrijheid die Kelly laat bij de opbouw van constructen. Het lijkt alsof hij zich weinig gelegen laat liggen aan de communiceerbaarheid van constructen, wellicht

nog wel bij interacties tussen twee individuen - Kelly beschrijft als psychotherapeut de interactie arts-patiënt - maar dan toch niet in een bredere context van het onderwijs.

Dit constaterend dringt de vraag zich op wat zijn theorie het onderwijs dan nog te bieden heeft.

5. De mogelijke implicatie voor het onderwijs

5.1 Een inperking van het toepassingsgebied

Alvorens ons bezig te houden met de mogelijke implicaties van zowel de wetenschapstheoretische als de psychologische ingang voor het onderwijs, is het verstandig nu reeds aan te geven dat wij niet het complete onderwijs in een vakgebied op het oog hebben. Dat wij een inperking maken en manen tot voorzichtigheid heeft enerzijds te maken met onze kritiek op de beide ingangen en anderzijds met twee nog niet opgeloste praktische problemen:

1. een moeilijk punt is het introduceren van ontevredenheid over bestaande ideeën bij leerlingen. Afgezien van de vraag naar de praktische haalbaarheid - hoe doe je dat; hoe kun je rekening houden met individuele verschillen? - kan dit leiden tot een ongewenste, bedreigende situatie voor leerlingen;
2. ook ten aanzien van de waardering van deze intuïtieve leerling ideeën doemen er problemen op bij toepassing in het huidige onderwijssysteem. Aan het einde van ieder onderwijsleerproces vindt immers toetsing en beoordeling plaats op basis van het geleerde in het formele kennisgebied. De waardering voor door leerlingen ingebrachte ideeën tijdens het leerproces kan waar schijnlijk niet worden opgebracht voor de intuïtieve ideeën die voorkomen in de toetsing. Het is van belang deze discrepantie nu reeds te signaleren, maar een oplossing hebben we nog niet voorhanden.

Toch achten wij een constructivistische kijk op leren en daaraan gekoppeld op onderwijs van groot belang met name voor de natuurwetenschappelijke vakken, waarin we een steeds duidelijker beeld krijgen hoe de eigen ideeën van leerlingen functioneren en hoe deze hun inzichten in het formele kennisgebied kunnen overschaduwten. De eerdergenoemde voorzichtigheid in acht nemend stellen we daarom voor expliciet aandacht te besteden aan intuïtieve leerlingideeën in het kader van de ontwikkeling van een beperkt aantal cruciale vakbegrippen.

5.2 Mogelijke implicaties van de wetenschapstheoretische ingang voor het onderwijs

In deze en de volgende paragraaf zullen we de genoemde implicaties zoveel mogelijk toelichten met voorbeelden uit door ons ontwikkeld onderbouw-onderwijs voor de elektriciteitsleer.

M.b.t. de inhoud en de strategie van het onderwijs doen Posner c.s. (1982) de volgende voorstellen:

1. leg meer nadruk op het proces van concept-verandering desnoods ten koste van de omvang van de vakinhoud; en daarmee samenhangend
2. bouw anomalieën in die retrospectie en reflectie mogelijk maken. Toegespitst op verandering van intuïtieve ideeën betekent dit voor ons dat we ca. 5 van de 16 lessen in een thema 'Elektriciteit, gevaren en veiligheid' bezig zijn leerlingideeën te inventariseren en te confronteren met experimentele gegevens rond vragen als:
 - a. hoeveel stroom kan een stopcontact op batterij leveren?
 - b. geeft een stopcontact of batterij altijd dezelfde hoeveelheid stroom?
 - c. wordt er stroom verbruikt in een lamp?

Deze en andere vragen zijn gekozen op basis van bekende onderzoeksgegevens over leerlingideeën (Duit e.a., 1985). Zo menen veel leerlingen dat: een stopcontact gevaarlijker is dan een batterij, omdat een stopcontact meer stroom levert; een stopcontact en een batterij constante 'stroomgevers' zijn; in een lamp of een weerstand stroom wordt verbruikt. Via demonstraties en leerlingpractica wordt duidelijk gemaakt dat een batterij in principe net zo veel stroom kan leveren als het stopcontact. Ook wordt duidelijk dat de structuur van een schakeling de sterkte van de stroom in een schakeling bepaalt. Het meten van de stroomsterkte vóór en achter een lampje leidt bij leerlingen tot een zekere begripsnood. Als er geen stroom wordt verbruikt, wat dan wel? Hoe een en ander in de praktijk verloopt stellen we hier nu niet aan de orde. We hebben met deze globale beschrijving willen aangeven dat de proceskant van het onderwijs, in de vorm van confrontatie, discussie en langzaam opschuiven naar andere concepten meer nadruk krijgt dan nu vaak het geval is.

Het is nuttig om de leerlingideeën, geuit tijdens de inventarisatie, op flappen te verzamelen en te bewaren. Later in het leerproces kan dan een vergelijking plaatsvinden tussen mogelijk nieuw ontwikkelde begrippen en de ideeën die de leerlingen hadden bij de aanvang van het onderwijs. Op die manier kunnen zij zich bewust worden van mogelijke wijzingen in hun ideeën.

3. benut veel verschillende analogieën en modellen om een nieuw concept begrijpelijk en plausibel te maken.

Onze kritiek op dit voorstel hebben we al verwoord (par. 3). We hebben daarentegen één consistent model ontwikkeld voor het onderbouw elektriciteitsonderwijs, waarmee we de begrippen stroomsterkte en spanning in uiteenlopende situaties begrijpelijk en plausibel kunnen maken. Wel hebben we ernaar gestreefd dit

ene model op diverse wijzen te presenteren, namelijk mondeling, in tekening, in een computersimulatie, in natura met houten plankjes en knikkers en mathematisch. De vruchtbaarheid van dit model kan voortdurend worden benadrukt, omdat het in allerlei schakelingen toepasbaar is.

4. pas evaluatietechnieken toe die het mogelijk maken de leerling-ideeën te diagnosticeren en het proces van concept-verandering op de voet te volgen.

In het door ons ontwikkelde onderwijs hebben we gebruik gemaakt van één toets, die als voortoets, tussentoets (na 5 lessen) en eindtoets is afgenomen. De toets is ontwikkeld rond de vragen uit het thema en onderzoeksgegevens over leerlingideeën. De fase van verheldering en uitwisseling van ideeën (de eerste 5 lessen) blijkt bij veel leerlingen al tot een verschuiving van ideeën te kunnen leiden, als we de resultaten op de voortoets vergelijken met de tussentoets.

We kunnen op grond van het voorgaande stellen dat de aanwijzingen die Posner c.s. geven voor de inrichting van het onderwijs nog weinig concreet zijn en de onderwijsontwikkelaar nog veel onduidelijkheden en keuzen laten. Het is zelfs de vraag of we de hele wetenschapstheoretische achtergrond nodig hebben om tot deze aanwijzingen te komen. Echter, het is onze ervaring dat deze aanwijzingen bij de door ons gekozen uitwerking in het onderwijs tot aanzienlijke verandering van het onderwijs kunnen leiden. Vanwege de expliciete aandacht die wij besteden aan een aantal intuïtieve leerlingideeën menen wij dat dit onderwijs meer constructivistisch genoemd mag worden dan het huidige elektriciteitsonderwijs. Op grond van onderzoek aan het leerproces tijdens de ontwikkeling van het begrip dichtheid (Hewson en Hewson, 1983), menen wij positieve verwachtingen te mogen hebben van dit constructivistisch onderwijs. Uit dit onderzoek blijkt dat de conceptverandering bij veel leerlingen in de gewenste richting verloopt, ofschoon niet alle intuïtieve ideeën veranderen.

5.3 Mogelijke implicaties van de psychologische ingang voor het onderwijs

Aanwijzingen voortkomend uit de theorie van Kelly worden slechts meegenomen als aanvulling op of toespitsing van de aanwijzingen van Posner c.s. (zie par. 2). We noemen twee implicaties:

1. iedere lerende moet inzicht krijgen in haar/zijn persoonlijke constructen.

Dit te vertalen in het onderwijs lijkt een onbegonnen zaak. Maar nemen we weer als voorbeeld de elektriciteitsleer, dan zien we dat het aantal leerlingideeën niet oneindig groot is - wij realise-

ren ons dat dit in tegenspraak is met Kelly's ideeën over individualiteit van constructen en schema's. Natuurlijk heb je in elke klas wel een leerling met nieuwe, geheel oorspronkelijke ideeën. Maar bepaalde ideeën en redeneerwijzen blijken regelmatig terug te komen, zowel bij verschillende leerlingen als bij dezelfde leerlingen in probleemsituaties met uiteenlopende contexten (Licht, 1986). De differentiaties waartoe deze eerste implicatie leidt kan dan beperkt blijven tot een differentiatie naar groepjes van leerlingen met dezelfde intuïtieve ideeën. Wij hebben dit nog niet in de praktijk beproefd.

2. maak, waar mogelijk, duidelijk dat de formele kennis noch onaantastbaar noch onverbeterlijk is.

We moeten laten zien dat de formele kennis, die wij wetenschap noemen, gezien moet worden als geconstrueerd door mensen die onderdeel uitmaken van een wetenschappelijke gemeenschap met zijn eigen regels en afspraken. In de onderwijspraktijk kan dit onder meer leiden tot extra aandacht voor:

- a. de veranderde kijk op sommige concepten, regels en wetten gedurende de ontwikkeling van een vak;
- b. beperkingen van het modelmatige karakter van de natuurwetenschappelijke kennis.

De genoemde implicaties van Kelly's theorie liggen zo mogelijk op een nog globaler niveau dan die van Posner c.s. In het algemeen kan worden opgemerkt dat alle zes implicaties uit par. 5.2 en 5.3 nauwelijks specifiek zijn te noemen voor de wetenschapstheoretische of de psychologische ingang. We brengen echter in herinnering dat we niet op zoek zijn naar theorie-specifieke aanwijzingen, die het mogelijk maken in een experimentele opzet tot conclusies te komen die leiden tot een ondersteuning of afwijzing van de theorie. We zijn wel op zoek naar een theoretisch fundament, waaruit een aantal concrete aanwijzingen komen voor de inrichting van constructivistisch onderwijs. Het wordt tijd om de balans op te maken van dit zoekproces.

6. Opmaken van de balans

Laten we vooropstellen dat wij menen dat een onderwijswetenschapper de grenzen van zijn vakgebied moet overschrijven in de richting van kennistheorie, filosofie, psychologie, etc., als we werkelijk de optimalisering van onderwijs willen nastreven (zie ook Van Oers, 1983). Onze bereidheid daartoe hebben we onder meer via de analyse in dit artikel duidelijk willen maken. De vraag dringt zich evenwel op wat beide theorieën voor de vakdidactiek te betekenen hebben. Het enige echt belangrijke lijkt het denken in termen van concept-verandering te zijn. Bij een uitwerking in de richting van onderwijs leidt dit tot een proces van uitwisseling van ideeën tussen leerlingen

onderling en tussen leerlingen en leraar. Voorwaar een niet geringe verandering in vergelijking met veel van het huidige onderwijs. Het aantal aanwijzingen voor zo'n uitwerking is redelijk, maar de kwaliteit en de mate van concreetheid van de aanwijzingen laat te wensen over. De aanwijzingen uit beide theorieën zijn nauwelijks meer dan goedbedoelde, empirisch nog te weinig onderbouwde vuistregels voor de inrichting van het onderwijs. Het is zelfs de vraag of we juist de beide gekozen theoretische ingangen wel nodig hebben om tot de genoemde aanwijzingen te komen. Wellicht leidt een uitwerking van Piaget's theorie in de richting van constructivistisch onderwijs tot dezelfde aanwijzingen. Niettemin menen wij dat de vakdidactiek deze vuistregels niet moet negeren. Uit de beantwoording van de in de inleiding gestelde twee vragen komt een beeld naar voren van onderwijs, waarin m.b.v. anomalieën, analogieën en metafysische kennis veel moeite gedaan moet worden om een voor de leerling begrijpelijk, plausibel en vruchtbaar intuïtief idee te veranderen in een vakbegrip. Het lijkt ons mogelijk descriptief vakdidactisch onderzoek op te zetten rond deze problematiek van concept-verandering in constructivistisch onderwijs. De gekozen theoretische ingangen kunnen (nog) geen basis vormen voor hypothese-toetsend vakdidactisch onderzoek. Het is ons in ieder geval niet gelukt om theoriespecifieke hypothesen te formuleren, die in de onderwijspraktijk kunnen worden getoetst. Voor sommigen zal het niet verrassend zijn dat de balans naar deze kant doorslaat. Voor anderen betekent het misschien een uitdaging de twee gekozen ingangen zelf te analyseren om tot mogelijk andere conclusies te komen dan die in dit artikel worden gepresenteerd.

Literatuur

- Driver, A., Guesne, E. & Tiberghien, A. Children's Ideas in Science, Philadelphia: Open University Press, 1985.
- Duit, R., Jung, W. & Rhöneck, C. von. Aspects of Understanding Electricity, Proceedings of an International Workshop, Kiel: IPN, 1985.
- Hewson, M.G. & Hewson, P.W. Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning, Journal of Research in Science Teaching, 20, 731-743, 1983.
- Hewson, P.W. & Hewson, M.G. The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction, Instructional Science, 13, 1-13, 1984.
- Kaufman, B.A. Piaget, Marx and the Political Ideology for Schooling. Curriculum Studies, 10, 19-43, 1978.
- Kelly, G.A. The Psychology of Personal Constructs (deel 1 en 2), New York: Norton en Co. Inc., 1955.

- Kelly, G.A. A brief introduction to Personal Construct Theory. In: D.Bannister, Perspectives in Personal Construct Theory. London: Academic Press, 1-29, 1970.
- Licht, P. Begrips- en redeneerproblemen in beginnende elektriciteitsonderwijs, Tijdschrift voor didactiek der β -wetenschappen, 2, 88-106, 1986.
- Oers, B van. Davydov over begrippen in het onderwijs. In: J.Haenen en B. van Oers (reds.), Begrippen in het onderwijs. De theorie van Davydov, Amsterdam: Pegasus, 1983.
- Piaget, J. The child's conception of physical causality. London: Kegan Paul, 1930.
- Pope, M.L. & Gilbert, J.K. Constructive Science Education, Paper presented at the Personal Construct Psychology Conference, Boston, 1983.
- Popo, M. Constructivist goggles: implications for process in teaching and learning. Paper presented at BERA conference, Sheffield, 1985.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. Accommodation of a Scientific conception: Toward a theory of conceptual change, Science Education, 66, 211-227, 1982.
- Viennot, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics, European Journal of Science Education, 1, 205-221, 1979.