

inventiviteit van de afzonderlijke scholen, maar dient mede gebaseerd te zijn op de geplande verspreiding van waardevol gebleken onderwijsprogramma's. De voordelen van een problem-solving benadering (betrokkenheid van leerkrachten door gebruik te maken van hun eigen inventiviteit) en de voordelen van een R.D.D.-benadering (aanbod van kwalitatief goede reeds ontwikkelde programma's en een gepland trainingsaanbod) zijn te combineren. Wat betreft de aan te bieden programma's is het van belang het essentiële van het minder essentiële te onderscheiden en daarop de begeleiding en training af te stemmen. Wat betreft de betrokkenheid van de leerkracht is het een voorwaarde dat een programma in een behoefte voorziet en de leerkracht de mogelijkheid biedt tot variaties in het gebruik ervan.

Vooralsnog ontbreekt het in Nederland echter aan een afstemming van schoolgebonden vernieuwingen en de ontwikkeling en verspreiding van onderwijsprogramma's.

Leren oplossen van problemen in de 'exacte' vakken (H. G. Schmidt, Capaciteitsgroep Onderwijsontwikkeling en -research, R.U., Maastricht)

Niet minder dan twaalf symposia en andere bijeenkomsten werden gedurende de 1983-conferentie van de AERA aan het leren oplossen van problemen in de wiskunde en de natuurwetenschappen gewijd. Een breed scala van topics kwam tijdens deze bijeenkomsten aan de orde, variërend van het leren oplossen van redactiesommen, over syllogistisch en analoog redeneren, tot het verwerven van metacognitieve vaardigheden.

Uit de verhalen die gepresenteerd werden, bleek één ding duidelijk: er is een verschuiving gaande van de perceptie van probleemoplossen als een *transformatie*-proces naar probleemoplossen als een *representatie* activiteit. Deze constatering vereist misschien enige toelichting.

In de afgelopen vijftien jaar lag in het onderzoek sterk de nadruk op de vraag hoe probleemoplossers een probleem met behulp van een verzameling regels (heuristisch of anderszins) omzetten in zijn oplossing. De bijbehorende methodologie leunde sterk op de analyse van hardop-denken-protocols, omdat die benadering de beste kansen bood het transformatieproces in kaart te brengen. Vragen die in dit

soort onderzoek aan de orde kwamen, waren: welke regels passen probleemoplossers toe, gegeven een bepaalde categorie van problemen, in welke volgorde worden die regels toegepast en hoe kunnen ze geleerd worden?

De representatiebenadering van probleemoplossen concentreert zich daarentegen meer op vragen als: hoe representeren proefpersonen een probleem mentaal, wat is de aard van de kennis die bij het opbouwen van een dergelijke representatie gebruikt wordt, hoe is die kennis in het geheugen georganiseerd en op welke wijze dragen incorrecte – bijvoorbeeld intuïtieve, prewetenschappelijke – opvattingen omtrent de werkelijkheid ertoe bij dat problemen onjuist gerepresenteerd worden? Verderop zullen we daar wat voorbeelden van geven.

Het onderzoek bij deze benadering beperkt zich voornamelijk tot de exacte vakken; waarschijnlijk omdat veel leerlingen daarmee grote moeite hebben en omdat de representatieve gereedschappen relatief eenvoudig zijn: grafieken of formules, die een beperkt aantal concepten in een bepaalde samenhang plaatsen. Nou ja: eenvoudig; Jack Lochhead, die zich in Amherst bezig houdt met het doceren van natuurkunde aan 'college' studenten, vertelde aan de hand van het volgende voorbeeld hoeveel moeite studenten hebben een woordprobleem in een formule te representeren.

Aan 150 studenten werd het volgende probleem voorgelegd: 'Aan deze Universiteit zijn zes keer meer studenten aanwezig dan professoren. Dit feit wordt weergegeven door de vergelijking $S = 6P$.

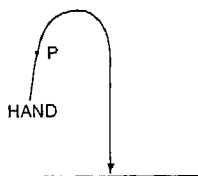
1. Waar staat in deze vergelijking de letter P voor?
 - a. Professoren.
 - b. Professor.
 - c. Aantal professoren.
 - d. Geen van de hierboven genoemde alternatieven.
 - e. Meer dan één van de hierboven genoemde alternatieven, namelijk:
2. Waar staat de letter S voor?
 - a. Professor.
 - b. Student.
 - c. Studenten.
 - d. Aantal studenten.
 - e. Geen van deze alternatieven.
 - f. Meer dan één van deze alternatieven, namelijk:

Meer dan 40% van de studenten, die allen een

uitgebreide vooropleiding in de algebra hadden, hield er onjuiste opvattingen op na omtrent de betekenis van de variabelen en 22% koos het absurde antwoord 'S staat voor Professor'.

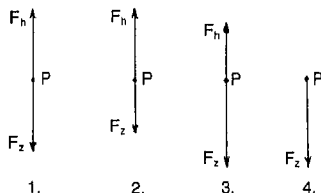
Verreweg het interessants vond ik het onderzoek dat gedaan wordt naar hardnekkige misvattingen die studenten erop na houden en die hen hinderen bij het opbouwen van een adequaat beeld van de wereld. Een representatief voorbeeld is het volgende: 'Als je een munt in de lucht werpt, beschrijft hij ongeveer de volgende baan (zie Figuur 1).

Figuur 1



Welk diagram beschrijft het best de krachten die op de munt uitgeoefend worden, wanneer hij op het punt P is aangeland? (zie Figuur 2) F_z representeert de zwaartekracht en F_h de kracht die door de hand van de werper wordt uitgeoefend.'

Figuur 2



Van 144 studenten aan de Cornell Universiteit kozen slechts 16 het juiste alternatief: 4. In de fysica van Newton is geen kracht anders dan de zwaartekracht nodig om de beweging van de munt in punt P te verklaren. Blijkbaar hanteren zelfs studenten die vertrouwd zijn met de moderne mechanica de naïeve opvatting dat beweging de aanwezigheid van een kracht in de bewegingsrichting impliceert: dat de opgeworpen munt de kracht die door de hand werd uitgeoefend als het ware nog 'met zich meedraagt'.

Deze misvatting (en andere), die blijkbaar door onderwijs uiterst moeilijk te bestrijden is, maakt de mechanica zo'n moeilijk vak voor veel middelbare scholieren. Volgens Audrey Champagne, Richard Gunstone en Leopold Klopfer komt dat omdat het onderwijs zich te

veel beperkt tot het aanleren van een formeel systeem van descriptieve samenhangen tussen variabelen, die voor de lerende geen persoonlijke betekenis heeft. Hij kan dus in zijn cognitieve systeem zonder bezwaar zijn persoonlijke kennis van de wereld en datgene wat hij op school geleerd heeft naast elkaar laten voortbestaan ook al is die kennis strijdig met elkaar.

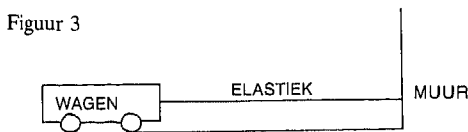
De remedie waar de verschillende presentatoren mee aan kwamen dragen, is uiteraard niet nieuw: laat de lerende discrepanties ontdekken tussen hoe zij de werkelijkheid zien en hoe hij is.

Champagne en haar collega's laten bijvoorbeeld studenten frequent de uitkomst van bepaalde gebeurtenissen voorspellen en vragen hun hun voorspelling met argumenten te onderbouwen. Of ze laten studenten met elkaar praten over vragen als: 'Wat weten we over het verband tussen kracht en beweging?'

Lochhead moedigt studenten aan in tweetallen te werken aan speciaal geconstrueerde problemen, waarbij de ene student hardop denkt en de andere kritisch luistert. Of hij toont zijn studenten hoe een munt langs een kromme baan naar beneden rolt en vraagt hun hun observaties te beschrijven in de vorm van een grafiek of diagram.

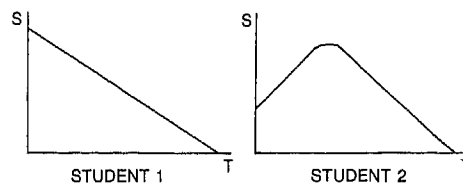
We geven in Figuur 3 een voorbeeld van zijn werkwijze. Hij legde zijn studenten een tekening voor van een wagentje dat met een elastiek wordt afgeschoten en vervolgens tegen een muur tot stilstand komt.

Figuur 3



Studenten moesten vervolgens de beweging van het wagentje weergeven in een snelheids-versus-tijd-grafiek. Hij ontving van twee studenten de grafieken uit Figuur 4.

Figuur 4



De lezer mag zich het hoofd breken over de vraag welke student het probleem correct heeft gerepresenteerd. Of hebben ze 't beiden mis?

Aan deze kroniek werkten mee:
J. J. H. van den Akker, P. N. Appelfhof, G. J. van den Brink, J. L. Knip, T. A. M. van der

Meer, Th. Oudkerk Pool, H. G. Schmidt.

De eindredactie werd verzorgd door
P. N. Appelfhof

Manuscript aanvaard 18-10-'83