

Probleemoplossen in de β -vakken

K. Th. Boersma

Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO), Enschede

1. De β -vakken en probleemoplossen

Aanleiding voor het themanummer

De laatste jaren neemt de belangstelling voor algemene vaardigheden sterk toe. Met name in discussies over de verbetering van de aansluiting tussen VO en HBO (Verhoeven & Van Zoelen, 1993) wordt het belang van algemene vaardigheden en studievaardigheden benadrukt. Het VO zou door meer aandacht aan studievaardigheden te schenken leerlingen beter op het HO voorbereiden (Van Dyck et al, 1991).

In de discussies die gevoerd worden en de onderzoeksrapporten die ten behoeve van het HBO worden uitgebracht vallen twee dingen erg op. Op de eerste plaats blijkt dat er vooral oog is voor problemen en wensen in het HBO en dat er weinig aandacht is voor wat er momenteel in het VO aan algemene vaardigheden of studievaardigheden wordt aangeboden (Boersma & Friebel, 1993). Dat leidde ook tot de formulering van instroomeisen (LICA, 1994). Uit genoemde rapporten blijkt dat het HBO verwacht dat de natuurwetenschappelijke vakken (met uitzondering van biologie) en wiskunde meer aandacht aan probleemoplossen besteden. Daarbij is het onduidelijk of het HBO zich er van bewust is dat probleemoplossen bij de natuurwetenschappelijke vakken al lang op de agenda staat. De meeste docenten in de β -vakken besteden naar eigen zeggen aandacht aan probleemoplossen en vinden dat ook belangrijk (Moen, 1993). Ook in de examenprogramma's voor de β -vakken komt probleemoplossen aan de orde (Oosterhuis & Kapteijn, 1993).

Op de tweede plaats valt op dat wel erg gemakkelijk over het algemene karakter van vaardigheden wordt gesproken en dat regelmatig voorbij gegaan wordt aan de vraag of de zogenaamde studievaardigheden of algemene vaardigheden wel los van specifieke vakinhouden kunnen worden gezien. Juist op dit punt bestaat bij veel β -didactische onderzoekers een zekere scepsis. Hun scepsis bestaat daaruit dat zij zich afvragen of probleemoplossen wel als algemene vaardigheid kan worden gezien en of niet te weinig rekening gehouden wordt met het gegeven dat ook probleemoplossen in sterke mate contextgebonden is.

Sommigen sluiten daarbij aan bij recente constructivistische opvattingen. Betroegd wordt dan ook dat, als gevolg van de contextgebondenheid van wat

wordt geleerd, transfer naar andere contexten weinig voor de hand ligt (Henessy et al., 1993).

Overzicht van het themanummer

De redactie was van mening dat het voorafgaande voldoende aanleiding was om een 'special' over probleemoplossen in de β -vakken uit te geven. Vijf β -didactisch onderzoekers werden uitgenodigd een bijdrage aan het themanummer te leveren. De redactie heeft daarbij gestreefd naar diversiteit in opvatting.

De auteurs werd verzocht om met name in te gaan op de vraag in hoeverre probleemoplossen als algemene vaardigheid kan worden gezien en wat de relatie met algemene en/of domeinspecifieke kennis is. Daarnaast werd hen gevraagd in te gaan op de vraag welke typen problemen bij het probleemoplossen in de β -vakken aan de orde komen of zouden kunnen komen.

De redactie is van mening dat de vijf artikelen die in dit themanummer zijn opgenomen voldoende stof voor overpeinzing en discussie geven. Daarmee wordt dan wellicht tevens een bijdrage geleverd aan de discussie over de herinrichting van de Tweede Fase VO (Stuurgroep Profiel Tweede Fase VO (1993).

In het eerste artikel geven Taconis en Ferguson-Hessler een overzicht van verschillende opvattingen over probleemoplossen; de discussie wordt toegespitst op probleemoplossen in het natuurkunde-onderwijs. Kramers-Pals gaat in het tweede artikel met name in op de vraag of probleemoplossingsvaardigheden domeingebonden zijn.

De volgende twee artikelen richten zich meer op het onderwijzen van probleemoplossen. Van Streun schrijft daarover vanuit het wiskunde-onderwijs. De Jong en Verdonk doen op grond van door De Jong uitgevoerd onderzoek naar chemisch rekenen een aantal suggesties voor een didactiek van probleemoplossen. In het laatste artikel gaat Lijnse in op de vraag in hoeverre probleemoplossen als onderwijsdoel nu verschilt van het toepassen van kennis in nieuwe situaties.

2. Opvattingen over probleemoplossen

De nagestreefde pluriformiteit in opvattingen van de auteurs over probleemoplossen in de β -vakken wordt goed zichtbaar als aandacht geschonken wordt aan de volgende punten:

- de functie van probleemoplossen;
- het soort problemen dat moet worden opgelost;
- de rol en aard van de kennis bij probleemoplossen;
- de theoretische fundering van probleemoplossen;

Op deze punten wordt nu kort ingegaan.

De functie van probleemoplossen

Ten aanzien van probleemoplossen binnen de β -vakken kunnen drie functies worden onderscheiden:

- probleemoplossen als doel op zich;
- probleemoplossen als middel om beoogde leereffecten te realiseren;
- probleemoplossen als toetsing.

Van Streun en Kramers-Pals werken met name probleemoplossen als doel uit. Taconis en Ferguson-Hessler omschrijven in hun bijdrage probleemoplossen echter niet alleen als doel, maar ook als leeromgeving. Volgens hen worden de mogelijkheden die probleemoplossen als leeromgeving biedt in de praktijk van de β -vakken meestal niet uitgebuit. De Jong en Verdonk bevelen ten slotte aan het oplossen van problemen niet als doel op zich te beschouwen, maar als middel tot een meer samenhangende vorming van begrippen en werkwijzen.

Kramers-Pals wijst er op dat problemen ook gebruikt kunnen worden om te toetsen wat de leerlingen hebben geleerd. In de huidige schoolpraktijk valt dit toetsingsgebruik naar aangenomen mag worden voor een deel samen met de 'sommencultuur'.

Het soort problemen dat moet worden opgelost

De meest ruime opvatting over de aard van de problemen waaraan in het onderwijs aandacht moet worden geschonken is uiteraard dat het gaat om alle problemen die zich kunnen voordoen. De mens is van nature een probleemoplosser: het oplossen van problemen leidt tot het reduceren van onzekerheid. Deze opvatting vinden we onder meer bij Newell en Simon (1972).

Auteurs die deze brede opvatting over de aard van de problemen waaraan aandacht moet worden geschonken onderschrijven, hebben in eerste instantie veelal geen domeinspecifieke vaardigheden op het oog. Auteurs als De Bono (e.g. De Bono, 1976) hebben vanuit deze opvatting programma's over kritisch denken ontwikkeld.

In Nederland roept de term 'SPA' (Systematische Probleem Aanpak) (Mettes & Pilot, 1980) veelal het beeld op van een algemene methode voor het oplossen van problemen. Kramers-Pals zet echter uiteen dat gesproken moet worden over 'een' SPA en dat een SPA niet opgevat moet worden als algemene heuristische methode, ook al zijn er een aantal vakoverstijgende aanwijzingen. Zij constateert in haar bijdrage dat algemene aanwijzingen alleen functioneren in domeinen en dan nog alleen in nauwe samenhang met domeinspecifieke kennis en vaardigheden.

Nauw verbonden met de opvatting dat het om het oplossen van alle problemen gaat en dat daarbij volstaan kan worden met algemene methoden, is het probleem van transfer. Van Streun wijst daar is zijn bijdrage nadrukkelijk

op. Het op school leren oplossen van problemen in de meest ruime betekenis, veronderstelt dat transfer plaatsvindt naar buitenschoolse contexten. Hennessy et al. (1993) wijzen er echter op dat er geen empirische gegevens beschikbaar zijn die deze veronderstelling ondersteunen. Twijfel over de effectiviteit van algemene methoden voor het oplossen van problemen lijkt op zijn plaats.

Geconstateerd kan worden dat het in de β -vakken in veel gevallen, of in eerste instantie, gaat om het in schoolse contexten oplossen van domeinspecifieke problemen. Daarvoor wordt dan gebruik gemaakt van combinaties van algemene en domeinspecifieke kennis en vaardigheden. Taconis en Ferguson-Hessler, De Jong en Verdonk en Kramers-Pals betogen dat ieder op hun eigen wijze.

Kramers-Pals (1994) maakte daarbij een onderscheid tussen identificatieproblemen, constructieproblemen en problemen van verklaring en bewijs. Vraagstukken waarbij grootheden moeten worden uitgerekend of vergeleken moeten worden uitgewerkt behoren dan tot de identificatieproblemen. Zeker binnen het natuurkunde- en scheikunde-onderwijs wordt probleemoplossen vaak geïdentificeerd met het oplossen van gesloten problemen en met name met het maken van sommen; zowel Taconis en Ferguson-Hessler als Kramers-Pals wijzen daar op. Het onderzoek van De Jong had, naar we mogen aannemen, niet voor niets betrekking op chemisch rekenen.

De rol van kennis

Van Streun zet uiteen dat het zinvol is om bij probleemoplossen vakinhoud, methoden, metacognitie en attitudes van elkaar te onderscheiden. Kennis is dan een van de componenten die bij het oplossen van problemen een rol spelen. De Jong en Verdonk nemen, zeker op het eerste gezicht, een andere positie in als zij stellen dat probleemoplossen in feite niets anders is dan het toepassen van kennis in nieuwe situaties is. Ook Lijnse neemt dat standpunt in. De vraag rijst dan wel of het toepassen van kennis hetzelfde als de vaardigheid om methoden te kunnen hanteren (die dan natuurlijk ook gekend moeten worden). Is het meer dan het verschil in taal, of gaat het hier om wezenlijk verschillende opvattingen? Heeft het verschil wellicht vooral te maken met de aandacht voor domeinspecifieke problemen?

Bij het oplossen van domeinspecifieke problemen, zo merkte Scandura (1977) al op, en Taconis en Ferguson-Hessler vallen hem daarin bij, gaat de belangstelling vooral uit naar de kennisbasis. Onderzoek naar verschillen tussen de manier waarop novices en experts problemen oplossen, laat zien dat de verschillen vooral betrekking hebben op de mate van domeinspecifieke kennis en de manier waarop de kennis is georganiseerd (Gagné, 1985). Zowel Van Streun als Taconis en Ferguson-Hessler benadrukken de samenhang van kennis in zogenaamde probleemschemata. In het algemeen wordt binnen de

kennisbasis een onderscheid gemaakt tussen declaratieve kennis, procedurele kennis, situationele kennis en strategische kennis (Ferguson-Hessler, 1989).

Verschillen in opvatting lijken zich derhalve met name toe te spitsen op de vraag welke rol domeinspecifieke kennis speelt.

Door psychologen is veelvuldig de opvatting verkondigd dat domeinspecifieke kennis binnen een algemene oplossingsstrategie wordt gebruikt (De Cecco & Crawford, 1974; Gagné, 1985). Een voorbeeld daarvan zijn de stappen die vaak in procedures voor brainstorming worden onderscheiden. In veel probleemoplossingsmodellen zijn deze stappen voor brainstorming verwerkt. Deze opvatting leidt er toe dat algemene strategieën worden geformuleerd die onafhankelijk zijn van domeinspecifieke kennis. Deze opvatting is veelvuldig bekritiseerd. Henessy spreekt in dit verband over 'the myth of general problemsolving capability' (Henessy et al., 1993).

Als een 'general problemsolving capability' tot mythe wordt verklaard, ligt het voor de hand te veronderstellen dat niet alleen kennis, maar ook de oplossingsprocedures ten minste ten dele domein- of contextspecifiek zijn. Opmerkelijk is het dan ook dat Van Streun onomwonden de noodzaak uitspreekt van de ontwikkeling van meer algemene strategieën voor probleemoplossen. De crux zit er kennelijk in een samenhangend geheel van verschillende typen algemene, domein- en contextspecifieke kennis aan te leren en te leren toepassen. Zowel Van Streun als Taconis en Ferguson-Hessler wijzen daar expliciet op.

Theoretische fundering

Uit het voorafgaande zal duidelijk zijn dat probleemoplossen, als thema voor onderzoek en ontwikkeling, een sterke impuls gehad heeft vanuit een cognitivistische opvatting over leren. De mens wordt daarin gezien als verwerker en bewerker van informatie. De opkomst van computer science en AI-onderzoek hebben nadien die belangstelling nog versterkt. Met name Newell en Simon (1972) hebben een belangrijke impuls gegeven aan onderzoek naar probleemoplossen.

Cognitief onderwijspsychologen die veel aandacht aan probleemoplossen hebben besteed, zijn Anderson (1980), E. Gagné (1985) en Scandura (1977). In Nederland zijn Simons (1989) en Vermunt (1992) onderzoekers die vanuit cognitivistische opvattingen aan probleemoplossen hebben gewerkt.

Binnen cognitivistische opvattingen wordt het belang van domeinspecifieke kennis nadrukkelijk erkend (Gagné, 1985). Onderzoek naar verschillen in probleemoplossen tussen experts en novices zijn ook vanuit een cognitivistische traditie gestart.

Taconis en Ferguson-Hessler kiezen expliciet voor een cognitief psycholo-

gische benadering. Van Streun sluit zich daar bij aan, zij het dat hij daar andere elementen aan toevoegt.

Het feit dat veel onderzoek naar probleemoplossen voortkomt uit de cognitieve psychologie betekent allerminst dat vanuit andere vertrekpunten geen aandacht aan probleemoplossen wordt geschonken. Kramers-Pals laat in haar bijdrage zien dat ook al voor de opkomst van de cognitieve psychologie aandacht aan probleemoplossen wordt geschonken. Vanuit behaviouristische opvatting hebben onder meer De Bono (e.g. De Bono, 1976) en De Cecco (e.g. De Cecco & Crawford, 1974) aandacht aan probleemoplossen besteed.

Opmerkelijk is dat een deel van het in Nederland uitgevoerde onderzoek naar probleemoplossen in de β -vakken niet alleen aansluit op de cognitieve psychologie, maar ook op handelingspsychologische benaderingen. Ondanks de waarschuwende woorden van Van Oers (1987) over het te gemakkelijk ineen-schuiven van deze beide benaderingen, kan geconstateerd worden dat aan de Universiteit Twente (zie met name Mettes & Pilot, 1980) - Kramers-Pals gaat daar in haar bijdrage en in haar proefschrift (Kramers-Pals, 1994) op in - gekozen is voor een benadering waarin zowel elementen uit de cognitieve psychologie als de handelingspsychologie van Vygotskij zijn opgenomen.

Taconis en Ferguson-Hessler wijzen er op dat het constructivisme tot nu toe weinig belangstelling voor probleemoplossen heeft getoond. Lijnse lijkt die waarneming met zijn betoog te illustreren. Uitgaand van de constatering dat begripontwikkeling binnen het natuurkunde-onderwijs in veel gevallen 'geforceerd' plaatsvindt, komt het standpunt van Lijnse er feitelijk op neer om eerst maar te trachten de problemen met betrekking tot het 'aanleren' van inzicht op te lossen, alvorens aandacht aan nieuwe onderwijsdoelen te schenken. De Jong en Verdonk laten echter zien dat een constructivistische benadering ook betrekking kan hebben op het leren hanteren van procedures, op het leren toepassen van procedurele kennis.

Literatuur

- Anderson, J.R. (1980). *Cognitive psychology and its implications*. San Francisco: Freeman & Co.
- Boersma, K. & A. Friebel (1993). *Algemene vaardigheden in de β -vakken*. Enschede: SLO.
- Bono, E. de (1976). *Teaching Thinking*. London: Temple Smith.
- Cecco, J.P. de & W.R. Crawford (1974). *The psychology of learning and instruction. Educational psychology*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Dyck, M. van, G. Leijh & R.A.J. Baks (1991). *Studievaardigheid en kwalificatie voor HBO en WO*. Leiden: LICOR.

- Ferguson-Hessler, M. (1989). *Over kennis en kunde in de fysica*. Proefschrift TU-Eindhoven, Eindhoven.
- Gagné, E.D. (1985). *The cognitive psychology of school learning*. Boston/Toronto: Little, Brown & Co.
- Henessy, S., R. McCormick & P. Murphy (1993). The myth of general problemsolving capability: design and technology as an example. *The Curriculum Journal*, 4, 1, 73-89.
- Hondebrink, J. & G. Jansen (1991). *Hoe pak ik een probleem aan?* Enschede: SLO.
- Kramers-Pals, H. (1994). *Leren oplossen van verklaringsproblemen in het scheikunde-onderwijs*. Dissertatie. Universiteit Twente, Enschede.
- LICA (1994). *Instroomprofielen HBO. Een voorlopig eindverslag*. , Enschede: Hogeschool Enschede.
- Mettes, C.T.C.W. & A. Pilot (1980). *Over het leren oplossen van natuurwetenschappelijke problemen*. Dissertatie Universiteit Twente, Enschede.
- Moen, E. (1993). *Algemene vaardigheden in de praktijk van vakdocenten natuurkunde, scheikunde, biologie en wiskunde in de bovenbouw van HAVO en VWO*. SLO, Enschede.
- Newell, A. & H.A. Simon (1972). *Human problem solving*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Oers, B. van (1987). *Activiteit en begrip. Proeve van een handelingspsychologische didactiek*. Amsterdam: VU Uitgeverij.
- Oosterhuis, P. & M. Kapteijn (1993). *Algemene vaardigheden in de tweede fase voortgezet onderwijs*. Enschede: SLO.
- Scandura, J.M. (1977). *Problem solving. A structural/process approach with instructional implications*. New York: Academic Press, .
- Simons, P.R.J. (1989). Learning to learn. In P. Span, E. de Corte & B. van Hout (Red.). *Onderwijsleerprocessen: strategieën voor de verwerking van informatie*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Stuurgroep Profiel Tweede Fase VO (1993). *Tweede fase, scharnier tussen basisvorming en hoger onderwijs*. Den Haag.
- Verhoeven, M.J.E. & A.A.J. van Zoelen (1993). *Verbetering en legitimering van de instroomprofielen*. Leiden: LICOR.
- Vermunt, J. (1992). *Leerstijlen en sturen van leerprocessen in het hoger onderwijs. Naar procesgerichte instructie in zelfstandig denken*. Lisse: Swets & Zeitlinger.