

Probleemgestuurd leren als kennisconstructie

Citation for published version (APA):

de Grave, W. S. (1998). *Probleemgestuurd leren als kennisconstructie*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.19980604wg>

Document status and date:

Published: 01/01/1998

DOI:

[10.26481/dis.19980604wg](https://doi.org/10.26481/dis.19980604wg)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Probleemgestuurd leren als kennisconstructie

© 1998 W.S. de Grave, Maastricht, The Netherlands
ISBN 90 5398 0474

Vormgeving en druk: Datawyse I Universitaire Pers Maastricht

Probleemgestuurd leren als kennisconstructie

Proefschrift

ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Universiteit Maastricht,
op gezag van de Rector Magnificus,
Prof.dr. A.C. Nieuwenhuijzen Kruseman
volgens het besluit van het College van Decanen,
in het openbaar te verdedigen op
donderdag 4 juni 1998 om 14.00 uur

door

Willem Simon de Grave

Promotor

Prof.dr. H.G. Schmidt

Co-promotor:

Dr. H.P.A. Boshuizen

Beoordelingscommissie:

Prof.dr. C.P.M. van der Vleuten (voorzitter)

Prof.dr. B.H.A.M. van Hout-Wolters (Universiteit van Amsterdam)

Prof.dr. G.J. Kok

Dr. J.L. van der Linden (Universiteit Utrecht)

Dr. J.H.C. Moust

*Voor Dineke, Linda, Laura, Joris, Niels en Lars
Mijn Moeder*

Inhoudsopgave

<i>Hoofdstuk 1</i>	
Inleiding	7
<i>Hoofdstuk 2</i>	
Probleemanalyse: Activatie van, en elaboratie op, voorkennis, en de effecten hiervan op het leren van nieuwe informatie	15
<i>Hoofdstuk 3</i>	
Differentiële effecten van probleemanalyse in de kleine groep op het verwerken van tekst bij beginners en gevorderden	31
<i>Hoofdstuk 4</i>	
Relatieve effectiviteit van probleemanalyse in de groep vergeleken met individuele probleemanalyse en activatie van voorkennis	43
<i>Hoofdstuk 5</i>	
Effecten van probleemanalyse in een kleine groep bij eerstejaars medische studenten	55
<i>Hoofdstuk 6</i>	
Probleemgestuurd leren: Cognitieve en metacognitieve processen tijdens probleemanalyse	69
<i>Hoofdstuk 7</i>	
Probleemanalyse als methode om misconcepties te identificeren	91
<i>Hoofdstuk 8</i>	
Algemene discussie	111
Samenvatting	121
Summary	127
Literatuur	133
Appendix 1	141
Appendix 2	147
Dankwoord	155
Curriculum vitae	157

Hoofdstuk 1

Inleiding

Inleiding

In meer recente onderwijsbenaderingen is er een toenemende belangstelling voor de sociale aspecten van het leren. In de praktijk van het onderwijs, maar ook in het onderzoek daarvan wordt bijvoorbeeld nagegaan hoe de sociale aspecten van het leren belangrijke processen, zoals het zelf reguleren van het leerproces en het construeren van betekenissen, beïnvloeden. In deze opvattingen over het onderwijs en in het onderzoek van het leren wordt uitgegaan van een (sociaal)-constructivistische benadering van het leren (Steffe & Gale, 1995). Uitgangspunt van deze manier van denken over onderwijzen en leren is dat studenten actief hun eigen kennis en begrip van de leerstof construeren, vooral door interactie met anderen.

Het constructieve karakter van het leerproces blijkt uit het feit dat lerenden de nieuw te leren leerstof interpreteren in termen van wat ze reeds weten en dat ze proberen deze nieuwe informatie actief te relateren aan de bestaande kennis die hen het meest relevant lijkt. Is er geen relevante voorkennis, of wordt deze niet als zodanig herkend, dan kan de lerende in principe twee wegen bewandelen; zelf iets bedenken of de nieuwe leerstof uit het hoofd leren. Dit uit het hoofd leren is echter een onvoldoende voorwaarde voor leren. Het leren van een tekst betekent het activeren van de voorkennis en bewust relaties leggen tussen de nieuwe informatie en de voorkennis. Alleen hierdoor zal deze kennis later ook bruikbaar zijn in nieuwe situaties. Leerlingen activeren echter vaak onvoldoende de voorkennis en leggen vaak niet spontaan relaties tussen de nieuw te leren leerstof en bestaande voorkennis, vooral als het wetenschappelijke teksten betreft, tenzij de lerenden hiertoe bewust gestimuleerd worden (Ali, 1990; King, 1992). Dit leggen van relaties tussen wat men al weet en het nieuwe wordt *elaboreren* genoemd. Wanneer men als uitgangspunt heeft dat leren een actief proces is, dan is een essentieel kenmerk van een onderwijsstrategie de lerende te activeren. Dit activeren kan bevorderd worden door studenten zelf elaboraties te laten genereren.

Sociale interactie tussen leeftijdgenoten kan het genereren van elaboraties sterk stimuleren. Champagne en Bunce (1991) constateerden dat: "Reports of the effects of interactions in educational settings describe various conceptual changes, including elaboration of concepts, becoming aware of one's own learning process, raising cognitive level, and improving problem solving capabilities" (p. 30). Interactie tussen leeftijdgenoten is verder van belang omdat de afstand in begrip van de leerstof tussen de studenten onderling veel kleiner is dan die tussen studenten en de docent, waardoor communicatie van ideeën wordt vergemakkelijkt.

De betekenis voor het onderwijs van deze ontwikkelingen in de psychologie van het leren vindt men onder andere terug in de onderwijsbenadering die probleemgestuurd leren genoemd wordt. In kleine groepen wordt studenten gevraagd op basis van een probleem hun voorkennis te activeren en hierop in de groep gezamenlijk te elaboreren, zodat zij op een actieve wijze een relatie leggen tussen de

voorkennis en de nieuw te leren informatie; zelfstudie vult dan vervolgens leemten in de kennis aan. In dit proefschrift staat de eerste fase van het proces van probleemgestuurd leren centraal, namelijk de *probleemanalyse* die voorafgaat aan de feitelijke studie. Probleemanalyse is de fase waarin studenten verklaringen genereren voor een voorgelegd probleem. Er is echter nog weinig bekend over de effecten van probleemanalyse in de kleine groep op het leren van nieuwe informatie. Eveneens is er weinig onderzoek gedaan naar de cognitieve processen tijdens deze probleemanalyse, die een verklaring kunnen bieden voor de gevonden effecten.

De centrale vragen van dit proefschrift kunnen als volgt worden geformuleerd: “Wat zijn de effecten van probleemanalyse in de kleine groep op het leren van nieuwe informatie in een studietekst?” en “Welke cognitieve processen kunnen worden waargenomen tijdens de probleemanalyse?” Doel van de studies die in dit proefschrift gepresenteerd worden is een verdere empirische onderbouwing te bieden voor één van de claims van probleemgestuurd leren, namelijk de claim dat probleemgestuurd leren leidt tot het beter leren en onthouden van de nieuwe informatie (Barrows, 1984; Schmidt, 1993).

In dit hoofdstuk wordt allereerst aangegeven wat de plaats is van probleemanalyse in de kleine groep binnen het proces van probleemgestuurd leren. Vervolgens wordt probleemanalyse in het kort beschreven en worden de functies ervan verhelderd. Tenslotte wordt een schets gegeven van het in dit proefschrift te presenteren onderzoek.

Probleemgestuurd leren in een onderwijsgroep

Probleemgestuurd leren is een onderwijsaanpak die haar wortels heeft in de “discovery learning” benadering en in de “case method” benadering (Schmidt, 1984). Het is een onderwijsleermethode die begint met een speciaal voor onderwijsdoeleinden geconstrueerd probleem, dat van praktische of theoretische aard kan zijn. Onder een probleem wordt verstaan een min of meer neutrale beschrijving van een aantal verschijnselen of gebeurtenissen die in een zekere relatie met elkaar lijken te staan (Schmidt, 1983). De studenten in de kleine groep hebben tot taak dit probleem (indien nodig) te definiëren en verklaringen voor dit probleem te bedenken. Daarbij maakt men gebruik van de aanwezige voorkennis om deze verklaringen te genereren. Tijdens dit construeren van verklaringen kunnen er vragen opkomen en leemtes in kennis gesignaleerd worden. Deze vragen en geconstateerde leemtes vormen de aanleiding om in de groep leerdoelen te formuleren. Deze leerdoelen zijn richtinggevend voor de individuele studie gedurende de volgende dagen. Voor deze zelfstudie maakt men gebruik van een variatie aan informatiebronnen. Na deze periode van zelfstudie komt men weer in de groep bijeen om over het geleerde mondeling te rapporteren (zie voor uitgebreide beschrijvingen

van het proces van probleemgestuurd leren Barrows & Tamblyn, 1980; Moust, Bouhuijs, & Schmidt, 1989; Schmidt, 1983; 1993).

Probleemanalyse: beschrijving en functie

Een kenmerk van probleemgestuurd leren is dat een probleem niet wordt voorgelegd nadat gestudeerd is, maar dat men het *voorafgaande* aan de studie gepresenteerd krijgt. Dit probleem dient men te analyseren. Een concrete beschrijving van wat daarbij gebeurt, kan wellicht helpen bij het verduidelijken van de functie van deze activiteit. De analyse van het probleem over het gedrag van een rode bloedcel in twee verschillende milieus door leerlingen van de derde klas van het VWO (Schmidt, 1982) wordt hier als voorbeeld gebruikt. Dit “bloedcel” probleem is gebruikt in een aantal studies die in dit proefschrift beschreven worden. Een excerpt uit een feitelijke probleemanalyse door een groep lerenden illustreert de kenmerken van probleemanalyse. Het bloedcelprobleem ziet er als volgt uit:

Een rode bloedcel (een rood bloedlichaampje) wordt onder een microscoop in zuiver water gebracht. De bloedcel zwelt in korte tijd op en springt uiteindelijk kapot. Een andere bloedcel wordt in een oplossing van zout in water gebracht. Hij schrompelt ineen.
Hoe zijn deze verschijnselen te verklaren?

10

De leerlingen wordt dus gevraagd deze verschijnselen te verklaren. Bij de probleemanalyse gaat het erom dat de groepsleden nagaan wat men weet of denkt te weten over de processen en mechanismen die ten grondslag liggen aan het probleem. Bij het genereren van verklaringen kan ieder groepslid teruggrijpen op eigen voorkennis en/of de voorkennis van andere groepsleden en kan men proberen al redenerend iets meer te begrijpen. De voorkennis van de groepsleden kan verschillen wat betreft zekerheid, juistheid, volledigheid en aard. Tevens kunnen de groepsleden variëren in de mate waarin ze vaardigheid in het redeneren hebben. In het nu volgende excerpt van een protocol van een probleemanalyse vindt men voorbeelden van het genereren van verklaringen. Het betreft de analyse door leerlingen uit de derde klas van het vwo, die nog geen kennis hadden van het onderwerp osmose, het onderwerp waarnaar het bloedcelprobleem verwijst. In dit excerpt van een protocol wordt het constructieve en sociale karakter van het leerproces duidelijk. Verschillende verklaringen worden gegenereerd, verklaringen die tegenstrijdig kunnen zijn, ontkenningen van gegeven verklaringen en verklaringen die voortbouwen op reeds gegeven verklaringen. Klaas denkt bijvoorbeeld dat de oorzaak voor het kapot gaan van de bloedcel te maken heeft met iets dat in het water zit, maar geeft niet aan wat dat is. Jos denkt met Klaas mee, bouwt daarop voort en noemt zuurstof in het water als mogelijke oorzaak. Tevens wordt

Tabel 1.1. Excerpt uit een protocol van analyse van het bloedcelprobleem uitgevoerd door leerlingen uit de derde klas van het VWO.

Personen	Verklaringen
Angeliek	Ja ik denk dat de bloedcel die in de zoutoplossing ligt zout opneemt en dan inkrimpt.
Proefleider	Dus Angeliek zegt: die rode bloedcel neemt dat zout op en die bloedcel krimpt dan in elkaar. Waarom denk je dan dat deze in elkaar krimpt? Dat weet je niet? Jij denkt dat het andersom gaat?
Leontine	De bloedcel neemt het water op en omdat de bloedcel teveel water opneemt springt deze kapot.
Proefleider	Maar Angeliek had het eigenlijk over het in elkaar schrompelen van de rode bloedcel en jij vertelt nou waarom die kapot gaat. Dus volgens jou komt er allemaal water in de rode bloedcel, en wanneer er teveel water in komt dan springt de bloedcel kapot.
Jos	Ja, maar als de bloedcel zo water op zou nemen, dan zal de bloedcel eerder groter worden.
Proefleider	Groter worden zeg je?
Jos	Maar ik denk dat het zout er iets mee te maken heeft. Dat de bloedcel daarom kapot gaat.
Proefleider	Vindt iemand anders dat ook, dat de cel misschien door dat zout kapot zou kunnen gaan of heeft iemand een ander idee?
Ferdinand	Ja dat zal er wel iets mee te maken hebben.
Proefleider	Ja?
Ferdinand	Ja, als de cel in bloed zit is dat ook vocht en dan zou je eigenlijk ook verwachten dat de bloedcel groter wordt en dan.....
Klaas	Ja, hoe het precies komt weet ik ook niet. Ik denk dat het iets anders is. Dat niet het vocht de oorzaak is, maar iets dat in het water zit.
Jos	Zuurstof.

uit het excerpt duidelijk dat er ook onzekerheid is over het waarheidsgehalte van de verklaringen, hetgeen tot uiting komt in: "Ik denk dat..."; "Ik denk dat het iets anders is. ...". Tegelijkertijd is er een bewustwording van de leemtes in de voorkennis. "Ja hoe het precies komt weet ik ook niet". De leerlingen beperken zich niet alleen tot de gegeven probleembeschrijving maar proberen via gedachtenexperimenten verder te komen: "Ja als de cel in bloed komt is dat ook vocht en dan zou je eigenlijk ook verwachten dat de bloedcel groter wordt en dan..." Deze cognitieve processen, worden verondersteld van invloed te zijn op het leren van nieuwe informatie.

Een schets van het in dit proefschrift te presenteren onderzoek

In een drietal experimenten werd onderzocht of de hypothese dat het genereren van verklaringen (probleemanalyse in een groep) leidt tot het beter leren en onthouden van nieuwe informatie ondersteund wordt. Recente inzichten in de psychologie van het leren bieden ook aanknopingspunten voor meer gedetailleerde analyses van de cognitieve processen die plaatsvinden gedurende de eerste analyse van een probleem. In een tweetal vervolgonderzoeken werd daarom de probleem-analyse aan een nader kwalitatief onderzoek onderworpen.

Hoofdstuk 2 geeft allereerst een overzicht van theorieën over de rol van voorkennis bij het leren van nieuwe informatie. Vervolgens wordt de relevante onderzoeksliteratuur naar de effecten beschreven van aan probleemanalyse verwante taakstructuren op het leren van nieuwe informatie. Tenslotte wordt ingegaan op een mogelijke theoretische verklaring voor de effecten van probleemgestuurd leren, en wordt verslag gedaan van studies die effecten van probleemanalyse in de kleine groep op het leren van nieuwe informatie empirisch ondersteunen.

Hoofdstuk 3 rapporteert een experiment waarin differentiële effecten van probleemanalyse op het verwerken van een studietekst bij beginners en gevorderden werden bestudeerd. Onderzocht werd wat de effecten van probleemanalyse zijn op de “free” en “cued recall” van de tekst. Bij de recall werd niet alleen gekeken naar het aantal correct herinnerde “proposities” maar ook naar het patroon van de recall. Hiertoe werd gebruik gemaakt van het onderscheid tussen verklarende en descriptieve proposities voor het vaststellen van de mate van integratie van de nieuwe kennis in de reeds bestaande kennis.

In het **vierde hoofdstuk** wordt een experiment besproken waarin werd onderzocht of elaboratie, zoals geïnduceerd door drie verschillende taken (aktivatie van voorkennis, individuele probleemanalyse, en probleemanalyse in een groep) differentiële effecten heeft op de recall. Als maat voor de recall werd niet alleen genomen het aantal correcte proposities dat in free recall protocollen kan worden teruggevonden; maar ook “cued” recall. In dit onderzoek werd ook gekeken naar het patroon van de recall.

Het **vijfde hoofdstuk** presenteert een experiment waarin werd onderzocht of de effecten van probleemanalyse op het zich herinneren van een probleem-relevante tekst ook te vinden zijn in een ecologisch meer valide context. Deze context betreft een medisch curriculum gebaseerd op principes van probleemgestuurd leren, met complexere leerstof en met proefpersonen die feitelijk zijn getraind in probleemanalyse. Daarbij werd onderzocht wat de effecten zijn van probleemanalyse op de recall (aantal correcte proposities herinnerd) en op het patroon van de recall (verklarend versus beschrijvende proposities herinnerd en het aantal inferenties herinnerd).

Gaan het derde, vierde en vijfde hoofdstuk over de effecten van probleemanalyse op het leren en onthouden van een studietekst, de volgende twee hoofdstukken behandelen diepte-analyses van het proces en het produkt van probleemanalyse.

In **Hoofdstuk 6** wordt een onderzoek gepresenteerd dat gericht is op de cognitieve en metacognitieve processen die tijdens probleemanalyse bij studenten plaatsvinden. Als onderzoeksmethode werd “stimulated recall” gebruikt. Daarbij werden hard-op-denk protocollen gegenereerd bij de observatie van een videoband van een probleemanalyse, waaraan de proefpersonen zojuist hadden deelgenomen. Naast het gebruik van een categoriesysteem voor het categoriseren van de proposities, gemaakt tijdens het proces van probleemanalyse, werd er nog een meer diepgaande analyse van het proces van conceptuele verandering uitgevoerd.

In **Hoofdstuk 7** wordt een onderzoek gepresenteerd dat, op basis van theorievorming over misconcepties, nagaat wat de functie is van probleemanalyse voor het signaleren van misconcepties over osmose en diffusie. De protocollen van de probleemanalyse van het bloedcelprobleem werden daartoe geanalyseerd. De protocollen van de beginners werden geanalyseerd in vergelijking tot de protocollen van de gevorderden.

In **Hoofdstuk 8** worden de resultaten van de verschillende studies in dit proefschrift bediscussieerd; worden paden voor verder onderzoek uitgezet; en worden praktische implicaties van het onderzoek voor het onderwijs beschreven.

Hoofdstuk 2

Probleemanalyse als activatie van, en elaboratie op, voorkennis, en de effecten hiervan op het leren van nieuwe informatie

De rol van voorkennis bij leerprocessen

Waarom is het analyseren van een probleem voorafgaande aan het feitelijk bestuderen van studieteksten nu eigenlijk zinvol? De veronderstelling is dat door het activeren van de voorkennis de nieuw te leren informatie in studieteksten beter geleerd wordt. Verder wordt verondersteld dat deze voorbereidende activiteiten leiden tot bepaalde cognitieve processen die de integratie van de voorkennis met de nieuw te leren informatie tot stand brengen. In het nu volgende gedeelte wordt ingegaan op deze cognitieve processen.

Het belang van voorkennis

Een veronderstelling die ten grondslag ligt aan het onderzoek naar de rol van voorkennis in leerprocessen is het belang ervan bij het begrijpen van nieuwe informatie. Een onderzoek dat dit belang illustreert is dat van Chiesi, Spilich en Voss (1979). Zij onderzochten wat proefpersonen, die verschilden in de hoeveelheid kennis over honkbal, leerden van een tekst die over honkbal ging. Ze onderscheidden twee groepen, één met veel en één met weinig voorkennis, en gebruikten daarvoor een vragenlijst over honkbal. De groepen waren vergelijkbaar in verbale vaardigheden. De tekst die ze ter bestudering kregen voorgelegd bestond uit een verslag van een fictieve honkbalwedstrijd. Vervolgens werd hun gevraagd op te schrijven wat ze van de inhoud van de tekst hadden onthouden. Tevens kregen ze daarna nog een aantal aanvulvragen. Uit de resultaten bleek dat de proefpersonen met veel voorkennis zich meer herinnerden van de tekst en dat er duidelijke verschillen waren in het patroon van wat zij zich herinnerden. Proefpersonen met veel voorkennis herinnerden zich bijvoorbeeld meer informatie die direct gerelateerd was aan de doelen van het spel dan de proefpersonen met weinig voorkennis. Ook Perfetti (1989) concludeerde, op basis van een onderzoek naar de invloed van de niveaus van voorkennis met betrekking tot football op het onthouden van een tekst over football, dat de mate van voorkennis sterk van invloed is op wat men onthoudt van de tekst. Dit effect heeft niet alleen betrekking op de belangrijke informatie uit de tekst, maar ook op de minder belangrijke informatie.

In het onderzoek naar het begrijpen en leren van teksten is dus gebleken dat de kennis en ervaring die een lerende met zich meebrengt voor een belangrijk deel bepaalt wat, hoe en in welke mate de nieuwe informatie geleerd wordt (Wilson & Anderson 1986). Blijkbaar hangt het begrijpen en herinneren van nieuwe informatie voor een belangrijk deel af van wat we al weten. Een consequentie hiervan is dat nieuwe informatie alleen begrepen kan worden als die nieuwe informatie aan de beschikbare kennis gerelateerd wordt.

Verklaringen voor de effecten van voorkennis

Verklaringen over de manier waarop voorkennis het verwerken van nieuwe informatie beïnvloedt, zijn gebaseerd op psychologische modellen voor het verwerken van informatie. Op basis van dergelijke modellen zijn verschillende functies van voorkennis voor het leren van nieuwe informatie te onderscheiden (Alba & Hasher, 1983; Anderson 1984; Anderson & Pearson 1984; Brewer & Nakamura, 1984; Mayer, 1989a; 1996; Wilson & Anderson, 1986).

Allereerst wordt verondersteld dat de relevante kennis waarover men reeds beschikt de aandacht die men besteedt aan verschillende onderdelen van een studietekst beïnvloedt. Dit wordt ook wel de *selectieve-aandacht hypothese* genoemd (Alba & Hasher, 1983; Brewer & Nakamura, 1984; Wilson & Anderson, 1986). De veronderstelling hierbij is dat de extra aandacht die belangrijke (gezien vanuit de voorkennis) tekstonderdelen ontvangen, tot gevolg heeft dat deze beter geleerd en onthouden worden. Een onderzoek van Pichert en Anderson (1977) illustreert deze selectieve aandachtsfunctie van voorkennis. In hun experiment lazen groepen proefpersonen dezelfde tekst vanuit drie verschillende standpunten, die van huizenkoper, inbreker of hun eigen niet nader gespecificeerde standpunt. De tekst ging over twee spijbelende jongens die naar het huis van één van hen gingen. In de tekst werden allerlei zaken beschreven over het huis, zoals ligging, kenmerken van de bouw en van de inboedel. Voor deze tekst was van tevoren bepaald wat belangrijk zou kunnen zijn vanuit het standpunt van een inbreker, van een huizenkoper, en van iemand die de tekst niet vanuit een speciaal standpunt las. Zo is bijvoorbeeld informatie over een muntencollectie of een kleurentelevisie belangrijker voor de inbreker dan voor de huizenkoper. Het lekkende dak daarentegen, zal de inbreker weinig interesseren. Uit wat de proefpersonen zich na het bestuderen van de tekst herinnerden, bleek dat er een duidelijke relatie was tussen het belang van de tekstelementen (gezien vanuit een bepaald perspectief) en wat men zich herinnerde van de tekst. "Huizenkopers" herinnerden zich bijvoorbeeld beter het lekkende dak en minder goed de muntencollectie en de kleurentelevisie. Bij "inbrekers" was dit omgekeerd.

Een andere hypothese is dat voorkennis ook een zeker interpretatiekader biedt en dat dit gebruikt moet worden wil men nieuwe informatie begrijpen. De veronderstelling is dat wanneer de relevante voorkennis structuur geactiveerd is, nieuwe informatie beter onthouden zal worden dan nieuwe informatie die niet aan de voorkennis wordt gerelateerd. Dit wordt de *"framework hypothese"* genoemd (Brewer, 1987; Wilson & Anderson, 1986). Een onderzoek van Bransford en Johnson (1972) illustreert deze functie van voorkennis. In dit onderzoek werd gebruik gemaakt van ambigue teksten. Proefpersonen waren over het algemeen niet in staat deze teksten te begrijpen of te herinneren. Een voorbeeld van zo'n tekst is de volgende:

The procedure is actually quite simple. First you arrange the items into different groups. Of course one pile may be sufficient depending on how much there is to do. If you have to go somewhere else due to lack of facilities that is the next step; otherwise, you are pretty well set. It is important not to overdo things. That is, it is better to do too few things at once than too many. In the short run this may not seem important but complications can easily arise. A mistake can be expensive as well. At first, the whole procedure will seem complicated. Soon, however, it will become just another facet of life. It is difficult to foresee any end to the necessity for this task in the immediate future, but then, one never can tell. After the procedure is completed one arranges the materials into different groups again. Then they can be put into their appropriate places. Eventually they will be used once more and the whole cycle will then have to be repeated. However, that is part of life (Bransford & Johnson, 1972).

Wanneer de proefpersonen een titel kregen voor een tekst als deze, bijvoorbeeld "washing clothes", werd de tekst wel goed begrepen en herinnerd. Dit onderzoek toont aan dat voor het begrijpen van informatie belangrijk is dat men over een cognitieve structuur of kader beschikt en dit activeert, waardoor de relaties tussen de verschillende tekstonderdelen betekenis krijgen.

18

De kennis waarover men reeds beschikt, speelt niet alleen een rol bij het verwerven van nieuwe kennis, de aanwezige kennis heeft daarnaast ook functies voor het terughalen ("retrieval") van geleerde informatie (Brewer & Nakamura, 1984; Wilson & Anderson, 1986). Zo maakt de kennisstructuur die men heeft systematische zoekprocessen in het geheugen meer of minder goed mogelijk. Een kennisstructuur die bijvoorbeeld hiërarchisch georganiseerd is kan als gids dienen voor het vinden van informatie die moet worden herinnerd. Volgens de "*retrieval-plan hypothese*" (Brewer & Nakamura, 1984; Wilson & Anderson, 1986) levert de kennisstructuur het kader voor een top-down zoekproces van het geheugen. Dit zoekproces levert toegang tot informatie die belangrijk is in het licht van de geactiveerde kennisstructuur, maar kan geen informatie naar voren halen die niet gerelateerd is aan de geactiveerde kennisstructuur. Deze hypothese zegt dus iets over de toegankelijkheid van de informatie in het lange termijn geheugen. Een derde hypothese heeft te maken met het feit dat geen enkele tekst volledig expliciet is en informatie die nodig is om de tekst volledig te begrijpen ontbreekt vaak. De voorkennis van de lezer van de tekst levert echter de basis voor het maken van inferenties die verder gaan dan de expliciete informatie in de tekst om het begrijpen van de tekst mogelijk te maken. Met andere woorden voorkennis stimuleert het produceren van elaboraties (Anderson & Pearson, 1984; Brewer & Nakamura, 1984; Wilson & Anderson, 1986). Elaboratie is het verrijken van informatie door het bedenken van relaties tussen ideeën uit de tekst en de voor-

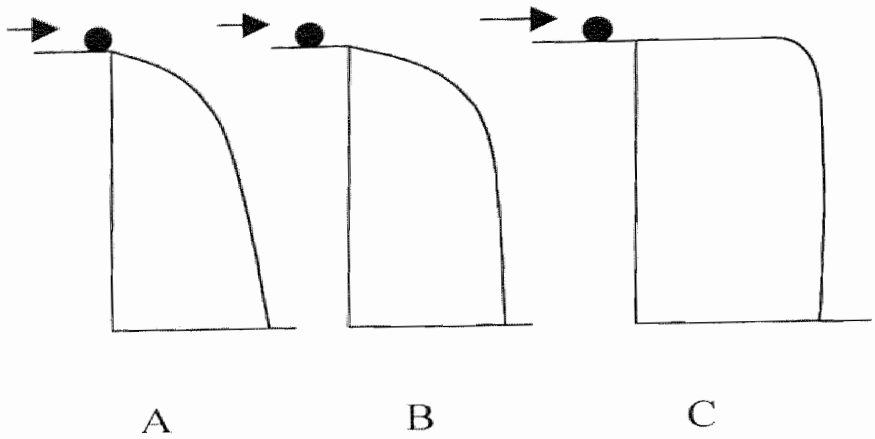
kennis. Het resultaat hiervan zou een betere integratie van de nieuwe informatie in de bestaande kennis zijn. De veronderstelling is bovendien dat elaboratie leidt tot het uitbreiden van het aantal retrievalpaden via welke de informatie weer uit het geheugen kan worden gehaald en daarmee tot het beter onthouden van de informatie. Deze veronderstelde cognitieve processen en de daarbij behorende effecten wordt de *“elaboratie hypothese”* genoemd (Reder, 1980; 1985; Reder, Charney, & Morgan, 1986). Er worden in de literatuur vele vormen van elaboraties onderscheiden, zoals het bedenken van voorbeelden en analogieën, het herformuleren van bepaalde zaken en het afleiden van deducties (Reder, Charney, & Morgan, 1986).

Een voorbeeld van onderzoek naar de invloed van elaboraties op het leren van een tekst is een studie van Mayer (1980). In een serie van vijf experimenten lezen proefpersonen een tekst over het programmeren van een computer en gebruikten daarbij één van de volgende leerstrategieën: de eerste groep werd een concreet model over de computer gegeven voorafgaande aan het lezen en voor gebruik tijdens het lezen van de tekst (Mayer noemde dit de *advance-organizer* groep); de tweede groep kreeg na elke pagina van de tekst de instructie om uit te leggen hoe de tekst gerelateerd was aan een gegeven concreet model over de computer (de *model-elaboratie* groep); de derde groep kreeg na elke pagina tekst de instructie om uit te leggen hoe de net geleerde tekst gelijk of verschillend was aan andere tekstgedeelten (de *vergelijkende-elaboratie* groep); de controle groep kreeg alleen de tekst. Uit de resultaten van deze experimenten bleek dat de twee elaboratie groepen consistent betere resultaten behaalden in vergelijking met de twee andere condities wat betreft het zich herinneren van de belangrijke informatie uit de tekst, maar niet wat betreft het zich herinneren van feitelijke informatie uit de tekst. Verder bleek dat de twee elaboratie groepen betere resultaten behaalden wat betreft het toepassen van de geleerde kennis op nieuwe problemen, maar niet wat betreft prestaties op eenvoudige problemen.

19

Voorkennis en verwerven van nieuwe informatie

De theorievorming over de rol van kennis heeft zich volgens Rumelhart en Norman (1978) vooral gericht op het leren van relatief eenvoudige informatie, waarbij de relevante kennischema's reeds aanwezig waren en slechts verder uitgebouwd werden. Er zijn echter verschillende vormen van leren (Rumelhart, 1984; Vosniadou & Brewer, 1987). Rumelhart (1984) onderscheidt leren door *“accretie”*, *“herstructurering”* en *“tuning”*. Met leren door accretie wordt bedoeld een manier van leren waarbij de relevante kennisstructuur reeds aanwezig is en deze kennisbasis toe neemt door toevoegen van nieuwe concepten. Er treden geen structurele veranderingen in de kennis zelf op. Er is sprake van leren door herstructureren wanneer nieuwe kennisstructuren worden geconstrueerd op basis van de bestaande. Er is een herordening van concepten en wel zodanig dat geheel andere verklaringen



Figuur 2.1. Oplossingen van een expert (A) en twee beginners (B en C).

ontstaan. Leren door “tuning” betekent dat geen structurele verandering van de kennisstructuur optreedt maar het geleerde wordt aangevuld met informatie die de toepassing ervan vergemakkelijkt, bijvoorbeeld informatie die aangeeft wanneer bepaalde kennis moet worden gebruikt. De theorievorming over de rol van voorkennis heeft zich vooral gericht op het leren door accretie. Veel minder is bekend over de rol van voorkennis bij de herstructurering van kennis.

Her onderzoek dat is gedaan naar herstructurering van kennis beperkt zich tot de overgang van novice naar expert en tot het ontstaan en in stand houden van misconcepties. Vooral in het onderzoek naar misconcepties is duidelijk geworden dat voorkennis niet alleen een positieve, maar ook een belemmerende invloed kan uitoefenen op herstructureren van kennis. Studenten zijn, zoals gezegd, geen tabulae rasae, maar beschikken reeds over bepaalde voorkennis. In verschillende kennisgebieden is onderzoek gedaan naar misconcepties, zoals, de wiskunde, de chemie, en de biologie, maar vooral op het gebied van de natuurkunde (Gardner, Greeno, Reif, Schoenfeld, DiSessa, & Stage, 1990; Pfundt & Duit, 1994). Zo onderzocht McCloskey (1983) verschillende misconcepties op het gebied van de mechanica, zoals het volgende probleem: de proefpersoon moet zich voorstellen dat een bal zich wrijvingsloos over een vlag voortbeweegt en dan van een rots valt met een snelheid van 50 mph en moet dan de baan tekenen naar de grond. Het correcte antwoord is een parabolische baan (Figuur 2.1, A), omdat de bal horizontaal blijft gaan met 50 mph maar accelereert in de neergaande beweging die te wijten is aan zwaartekracht (dit is de enige kracht die uitgeoefend wordt op de bal). Veel proefpersonen tekenen een ruwe parabolische curve, maar sommige (ongeveer een kwart) tekenen een curve zoals die van panel B of C, waarin er een periode is van zuivere neergaande beweging, soms volgend op een periode van zuiver horizontale

beweging (C). De proefpersonen verklaren deze banen door te zeggen dat de kracht die de horizontale beweging veroorzaakt afneemt en dat de zwaartekracht het dan overneemt. Deze misconcepties blijven bestaan ondanks het onderwijs dat men op desbetreffende gebied heeft gehad.

Uit onderzoek naar misconcepties blijkt dat de kennis van scholieren en studenten vaak bestaat uit een dun laagje vernis van formele kennis en rekenvaardigheid, dat gemakkelijk verwijderd kan worden om een kern van intuïtieve, a-wetenschappelijke ideeën bloot te leggen (Striley, 1988). Wil een leerling werkelijk begrip krijgen van de leerstof dan is het essentieel dat er een integratie van de nieuwe kennis met de reeds bestaande kennis tot stand komt. De onderwijs-leertheorieën die uit het misconceptie-onderzoek zijn ontstaan, benadrukken het belang van elaboraties, zoals het genereren van analogieën, het construeren van verklaringen en discussie in de groep (Biemans, 1997; Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985; Smith, DiSessa, & Roschelle, 1994).

Door het misconceptie-onderzoek is meer kennis verkregen van het proces van integratie van nieuwe informatie in de bestaande kennis en van het proces van conceptuele verandering bij lerenden en de voorwaarden daarvoor. Zo onderzocht Clement (1989) dit leerproces via het construeren van een model, dat wil zeggen dat proefpersonen verklaringen moesten genereren voor een hen gepresenteerd probleem. Een voorbeeld hiervan is het veerprobleem (Clement, 1989, p.350):

21

Een gewicht wordt gehangen aan een veer. De oorspronkelijke veer wordt vervangen door een veer gemaakt van hetzelfde soort draad, met hetzelfde aantal windingen, maar met windingen die twee keer zo breed zijn in diameter. Zal de veer meer, minder of in dezelfde mate uitrekken van haar natuurlijke lengte bij hetzelfde gewicht? (Veronderstel dat de massa van de veer verwaarloosbaar is in vergelijking tot de massa van het gewicht). Wat denk je en waarom?

Op basis van protocolanalyse van het hardop denken dat proefpersonen tijdens het oplossen van dit type problemen uitvoerden, concludeerde Clement dat de verschillende denkprocessen tijdens het genereren van verklaringen verdeeld kunnen worden in twee hoofdcategorieën: het produktieve proces van het creëren en veranderen van verklaringen en het evaluatieve proces van het empirisch testen en rationele evaluatie. Deze twee processen interacteren. Bij het genereren van verklaringen speelden analogieën een belangrijke rol, bij het evaluatieve proces anomalieën. Tevens bleek uit dit onderzoek het belang van analoog redeneren, het introduceren van anomalieën en evaluatieve processen voor het veranderen van misconcepties bij lerenden.

Elaboratie en het genereren van verklaringen in een kleine groep

Het werkelijk leren en begrijpen van wetenschappelijke teksten waarin een bepaald mechanisme wordt uitgelegd, betekent dat niet alleen de constructie van een mentale representatie van de tekst vereist is, maar ook moet er elaboratie plaatsvinden (Kintsch & Kintsch, 1995). Dit betekent dat er een mentale representatie van de tekst geconstrueerd moet worden die ingebed is in de voorkennis van de lezer. Verschillende cognitieve processen kunnen een rol spelen bij de constructie van een dergelijk mentaal model. Mayer (1996) benoemt deze als volgt: Het selecteren van relevante informatie, het organiseren van de geselecteerde informatie in een coherent geheel en tenslotte de integratie van de nieuwe informatie met de voorkennis. Daar komt nog bij dat studenten moeten leren deze cognitieve processen te coördineren, hetgeen verwijst naar de rol van metacognitie (Mayer, 1995; 1996).

De integratie van de nieuwe kennis wordt gestimuleerd door te elaboreren, bijvoorbeeld door middel van het construeren van verklaringen. Vooral wanneer deze verklaringen zelf gegenereerd worden en met behulp van interactie in een groep. (Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989; Mayer, 1996; Pressley, Wood, Woloshyn, Martion, King, & Menke, 1992; Webb, 1989, 1991; Webb & Sullivan-Palincsar, 1996). De meer specifieke cognitieve processen die hierbij een rol spelen worden geïllustreerd door het onderzoek van Clement (1989).

22

Onderwijsmethoden gericht op de integratie van de voorkennis met de nieuwe of geleerde informatie

Probleemgestuurd leren is een methode die erop gericht is bij lerenden een integratie tot stand te brengen tussen de voorkennis en de nieuwe informatie. Op drie terreinen is onderzoek gedaan naar de effectiviteit van onderwijsmethoden die verwantschap vertonen met probleemgestuurd leren. Allereerst is dat het onderzoek naar de invloed van pre-instructionele strategieën op het leren en onthouden van studieteksten. Een tweede terrein is het onderzoek naar coöperatief leren. Tenslotte is er veel onderzoek gedaan dat gericht is op het verbeteren van het onderwijs in de natuurwetenschappen (science education). In dit gedeelte zal een overzicht worden gegeven van deze onderzoeken met als doel na te gaan welke methoden er zijn en wat de effecten hiervan zijn op het leren.

Pre-instructionele elaboratie-strategieën

Op het terrein van het leren van nieuwe informatie uit studieteksten zijn verschillende vormen van onderwijsactiviteiten ontwikkeld en voorgesteld die tot doel hebben de student als het ware te “prepareren” op de nieuw te verwerken informatie en hem of haar aan te zetten tot het leggen van een relatie tussen voorkennis en de nieuwe te leren informatie. Voorbeelden zijn het gebruik van “advance organi-

zers”, gestructureerde overzichten, outlines, leerdoelen en vragen vooraf. Deze zijn er alle op gericht het leren van een daaropvolgende studietekst te vergemakkelijken (Alvermann & Moore, 1991; Pressley & Afflerbach, 1995; Tierney & Cunningham, 1984). Tierney en Cunningham concluderen dat er, in tegenstelling tot deze leerkracht-geïnitieerde en tekstgebaseerde activiteiten, slechts weinig onderzoek is gedaan naar door de student zelfgegenereerde vormen van activiteiten en naar activiteiten die interactie tussen studenten vereisen.

Onderzoek naar de effecten van zelfgegenereerde verklaringen voorafgaande aan het leren van nieuwe informatie laat zien dat dit het leren van de nieuwe informatie bevordert (Pressley et al., 1992). In veel studies naar de effecten van gegeven vragen voorafgaande aan het bestuderen van een tekst, wordt niet van de proefpersonen gevraagd dat ze zelf een voorlopig antwoord op die vragen bedenken voordat zij de tekst bestuderen. Dit is volgens Pressley et al. (1992) een belangrijk gemis, want het geven van antwoorden op vragen kan ertoe leiden dat de nieuwe informatie beter wordt geleerd. In één onderzoek (Pressley, Tanenbaum, McDaniël, & Wood, 1990) werden de effecten nagegaan van vragen voorafgaande aan het bestuderen van de tekst. Alle proefpersonen bestudeerden dezelfde studietekst. Een eerste groep bestudeerde alleen de tekst. Een tweede groep kreeg alleen vragen voorafgaande aan de tekst. Een derde groep kreeg vragen en werd tevens gevraagd antwoorden voor deze vragen te genereren. Alle drie groepen maakten een toets na de bestudering van de tekst. Uit de resultaten van dit onderzoek bleek dat de groep die vragen kreeg en antwoorden op deze vragen moest geven in vergelijking tot de andere twee groepen de grootste leerwinst behaalde. In verschillende andere onderzoeken werd dit effect bevestigd.

Het onderzoek van Pressley et al. (1990) ondersteunt de veronderstelling van de effectiviteit van het zelf genereren van verklaringen op basis van vragen. Probleemanalyse in de kleine groep heeft echter als startpunt een probleem. Het onderzoek van Alvermann en Hague (1989) laat zien dat ook in dit geval zelfgegenereerde verklaringen voorafgaande aan de te leren tekst het leren van deze tekst bevordert. Alvermann en Hague (1989) gebruikten een individuele probleemanalyse als pre-instructionele strategie. Zij maakten daarbij gebruik van een probleem dat veel in het misconceptie-onderzoek gebruikt wordt en waarvoor de studenten verklaringen moesten genereren. Zij gingen vervolgens na wat het effect was van drie verschillende experimentele condities op het leren en begrijpen van een probleemrelevante studietekst. De drie condities waren: 1. Verklaringen genereren; 2. Genereren van verklaringen plus instructie gericht op bewustwording van mogelijk misconcepties in de verklaringen; 3. Verklaringen genereren maar nu voor een niet relevant probleem. Uit de resultaten van dit onderzoek bleek dat probleemanalyse-plus-bewustwording beter werkte dan probleemanalyse alleen.

Een kenmerk van probleemanalyse in de groep is verder dat het genereren van verklaringen niet een individuele bezigheid is maar plaatsvindt in interactie met

groepsleden. Een vorm van probleemanalyse in de groep is het PREP. Dit staat voor "PreREading Plan". PREP bestaat uit een drietrapsprocedure (Langer, 1981; 1984). Voorafgaand aan deze procedure, selecteert de docent een kernwoord, zin of beeld uit de te bestuderen tekst. Daarna komt de eerste fase, waarin leerlingen "brainstormen" over dit kernwoord, deze zin of dat beeld. In de tweede fase vinden er vervolgens reflecties plaats over de initiële associaties. De derde fase bestaat uit een herformulering van de geactiveerde kennis. Deze fase geeft de mogelijkheid aan studenten de initiële associaties die zijn geëlaboreerd of veranderd door de discussie te verbaliseren. Daarna bestudeert men de tekst. Deze PREP-procedure vindt veelal plaats in groepen van tien studenten. De functie van deze activiteiten voorafgaande aan het bestuderen van de tekst is voor de docent te identificeren wat studenten reeds weten (Langer, 1981) en voor de student voorkennis te activeren en erop te elaboreren (Langer, 1984). Uit de resultaten van een onderzoek naar de effecten van PREP op het begrijpen van tekst (Langer 1984) bleek dat PREP vooral een positief effect had op het leren door gemiddeld presterende studenten en in mindere mate bij goed presterende studenten, terwijl de laag presterende studenten geen positieve invloed ondervonden van PREP.

Het onderzoek naar de effecten van pre-instructionele onderwijsprocedures die verwant zijn aan probleemgestuurd leren laat zien dat deze procedures een positief effect hebben op het leren van nieuwe informatie.

Coöperatieve onderwijsmethoden

Coöperatieve onderwijsmethoden hebben op verschillende onderwijsniveaus een hoge vlucht genomen en zijn er in vele vormen afhankelijk van taakstructuur, beloningsstructuur, grootte van de groep, etc. (Dansereau, 1988; Johnson & Johnson, 1989; Kanselaar, Van der Linden, & Erkens, 1997; Lamberigts, Verhagen, Gerris, & Campbell, 1986; Slavin, 1990). Het onderzoek naar de leereffecten van coöperatief leren is echter niet altijd even eenduidig en levert nogal eens tegenstrijdige resultaten op (Slavin, 1991; Van der Linden, 1987; Vedder, 1985; Webb & Sullivan-Palincsar, 1996). Een belangrijke cognitieve verklaring voor de effecten van coöperatief leren is de cognitieve elaboratiebenadering (O'Donnell & O'Kelly, 1994; Slavin, 1990, 1991; Webb & Sullivan-Palincsar, 1996). Coöperatief leren gezien vanuit het cognitief elaboratie perspectief richt zich op de cognitieve processen tijdens de interactie in de groep. Webb (1989, 1991) heeft een overzicht gegeven van de resultaten van onderzoek naar de soorten interactie die een positieve relatie hebben met leerprestaties. Uit dit overzicht bleek dat het geven van geëlaboreerde verklaringen positief correleerde met leerprestaties. Het genereren van verklaringen stimuleert volgens Webb een aantal cognitieve processen die anders niet zouden hebben plaatsgevonden.

Een taak in de context van coöperatief leren die sterk overeenkomt met probleemanalyse wordt gebruikt in onderzoek naar "brainstormen" en groepscreativiteit

(McGrath, 1984). Brainstormen is een groepsproces voor het, op basis van een probleem, genereren en evalueren van creatieve ideeën. Een voorbeeld van een vaak gehanteerd probleem is het “toeristenprobleem”. De taak hierbij is om manieren te bedenken om het aantal toeristen dat de Verenigde Staten bezoekt te vergroten. Deelnemers worden gestimuleerd om niet onmiddellijk elkaars of hun eigen ideeën te bekritisieren; dat wordt in een later stadium gedaan. Ze worden wel aangemoedigd, om voort te bouwen op ideeën die al zijn voorgesteld (Osborn, 1957). Brainstormen kan zowel door individuen als door groepen worden gedaan. Er is veel onderzoek gedaan naar de effecten van deze brainstormtechniek (zie voor overzichten van onderzoek: Diehl & Stroebe 1987; Hill, 1981; Lamm & Trommsdorf, 1973; McGrath, 1984; Mullen, Johnson, & Salas, 1991; Stroebe & Diehl, 1994). In dergelijke onderzoeken is nagegaan of brainstormen werkelijk werkt, dat wil zeggen of de proefpersonen kwantitatief en kwalitatief betere prestaties leverden in de groep dan wanneer zij dat alleen doen. Afhankelijke variabelen daarbij zijn onder andere totale kwaliteit, gemiddelde kwaliteit, aantal “goede” ideeën, uniekheid en verscheidenheid aan ideeën. Uit deze onderzoeksresultaten concludeert McGrath: “..... , the evidence speaks loud and clear: Individuals working separately generate more, and more creative (as rated by judges) ideas than do groups, even when the redundancies among member ideas are deleted, and of course, without the stimulation of hearing and piggybacking on the ideas of others. The difference is large, robust and general.” (McGrath, 1984, p. 131). Dit resultaat heeft geleid tot theorievorming over en onderzoek naar de oorzaken hiervan en het heeft geleid tot onderzoek naar middelen en methoden voor het verbeteren van de productiviteit bij brainstormen in de groep.

25

Een belangrijk punt bij de interpretatie van de onderzoeken naar de relatieve effectiviteit van individueel versus groepsbrainstormen is dat men een groepsproduct heeft vergeleken met de gemiddelde prestaties van individuen. Er kan echter een duidelijke invloed van de groep zijn op de individuele groepsleden, die niet in het groepsproduct tot uiting komt. Meer recent is er onderzoek gedaan naar transfer van de groep naar het individu. Gabbert, Johnson en Johnson (1986) lieten zien dat op brainstormtaken duidelijke transfer van groep naar individu optrad. Op prestatietoetsen deden de groepsleden het juist beter dan proefpersonen die individueel de brainstormtaken hadden uitgevoerd en daarna de toets deden. In het onderzoek naar de relatieve effectiviteit van individueel versus groepsbrainstormen is echter nog niet nagegaan wat de effecten van deze activiteiten zijn op het leren van nieuwe informatie.

Methoden ontwikkeld in het kader van onderwijs in de natuurwetenschappen
Uit het onderzoek naar misconcepties in de natuurwetenschappen is gebleken dat de aard van de voorkennis een belemmering kan zijn bij het leren van nieuwe informatie. Tevens bleek dat ondanks onderwijs op desbetreffend gebied deze

misconcepties bleven bestaan. Er is blijkbaar vaak sprake van onvoldoende integratie tussen de voorkennis en de nieuw te leren informatie als het gaat om het begrijpen van moeilijke natuurwetenschappelijke concepten. Deze beide zaken hebben ertoe geleid dat men is gaan zoeken naar onderwijsmethoden speciaal gericht op het voorkómen en veranderen van misconcepties (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985; Sandoval, 1995). Deze nieuwe onderwijsmethoden vertonen alle sterke overeenkomsten met de uitgangspunten van probleemgestuurd leren. Zo wordt bijvoorbeeld in deze onderwijsmethoden het belang van discussie en interactie in de groep benadrukt voor het veranderen van misconcepties.

Een voorbeeld van een dergelijke methode is die van Champagne, Gunstone en Klopfer (1985). De onderwijsstrategie “confrontatie van ideeën” gebruikt verbale interactie om conceptuele verandering te bewerkstelligen. Voordat onderwijs plaatsvindt (bijvoorbeeld in de vorm van demonstraties, oefeningen in laboratoria of het bestuderen van een studietekst) is er een fase waarin studenten een probleem analyseren. Een voorbeeld van een te verklaren probleem is de beweging van een ballon, waaruit de lucht ontsnapt. Met dit verschijnsel wordt Newtons derde wet geïllustreerd. Ook andere problemen zijn vaak op kwalitatieve wijze geherformuleerde voorbeelden uit leerboeken. Nadat het probleem is gepresenteerd aan de klas, analyseert elke student (hardop of door het op te schrijven) de begrippen, proposities en variabelen die relevant zijn voor de situatie. Nadat elke student de situatie heeft geanalyseerd, vindt er een discussie plaats waarin individuele studenten hun analyse van de situatie presenteren. Deze individuele analyses worden aangevuld, uitgewerkt of veranderd door andere studenten. Maar wat belangrijker is in de discussie ontstaan ook controverses. Door deze controverses worden de begrippen beter gedefinieerd en de onderliggende assumpties geëxpliciteerd. Het uiteindelijke resultaat van dit alles is dat elke student expliciet bewust wordt van zijn of haar begrip van het probleem. Na deze fase begint het onderwijs en de confrontatie van de eigen ideeën met de juiste verklaring van het probleem (Champagne et al., 1985; Champagne, Klopfer, & Gunstone 1982)

Onderzoekers naar de effectiviteit van deze interventiestrategieën voor het veranderen van misconcepties gebruiken meestal een combinatie van onderwijsmethoden (bijv. discussie, observatie, experimenten, colleges, analogieën) en meten hun gezamenlijke invloed op de leerprestaties van lerenden. Zelden worden de effecten van enkelvoudige interventies gemeten, afgezet tegen een controle groep. Guzzetti, Snyder, Glass en Savas (1993) concludeerden op basis van een meta-analyse van 47 onderzoeken dat de effecten van enkelvoudige interventies daardoor niet geïsoleerd kunnen worden. Informatie over de effectiviteit van deze onderwijsmethoden is dan ook niet beschikbaar. Op basis van hun meta-analyse concludeerden Guzzetti et al. (1993) echter wel dat die onderwijsbenaderingen (combinatie van onderwijsmethoden) die cognitief conflict bij lerenden stimuleren de sterkste effecten hebben op de leerprestaties.

Probleemanalyse en de elaboratie theorie

De theorie met betrekking tot probleemgestuurd leren (Schmidt, 1993) veronderstelt dat zelfgegenereerde elaboraties, in de vorm van het construeren van verklaringen voor een probleem in een groep voorafgaande aan het leren van nieuwe informatie, het leren van deze nieuwe probleemrelevante informatie bevordert. Deze theorievorming kan ondersteund worden door na te gaan wat de theorievorming is wat betreft de effecten van elaboraties in het algemeen, de effecten van zelfgegenereerde elaboraties versus gegeven elaboraties en de effecten van individuele elaboraties versus elaboraties in groepsverband. Tevens wordt deze theorievorming onderbouwd door na te gaan wat de empirische ondersteuning is van effecten van probleemanalyse en verwante vormen daarvan. Tenslotte zal worden nagegaan waar leemtes in de theorievorming over probleemgestuurd leren aanwezig zijn en welke empirische ondersteuning nodig is.

In de literatuur (Alba & Hasher, 1983; Hamilton, 1989; Kintsch; 1994; Mayer, 1996; Prawat, 1989; Pressley & Afflerbach, 1995; Schmidt, 1993) zijn, zoals gezegd, verschillende redenen te vinden voor de positieve effecten van elaboratie. Hamilton (1989, p. 2) vat deze als volgt samen: "Elaborations may increase the redundancy of stored information, impose an organizational scheme on stored information, increase the number of contextual elements that will overlap between the encoding context and the retrieval context and/or increase the distinctiveness of stored information". Naast een betere organisatie van de kennis als voorwaarde voor de toegankelijkheid en bruikbaarheid van de kennis wordt ook gewezen op het belang van bewustwording van voorkennis voor de toegankelijkheid en bruikbaarheid van die kennis (Levin, 1988; Prawat, 1989; Pressley & Afflerbach, 1995). Met andere woorden, de theorie over elaboratie veronderstelt dat door het genereren van verklaringen er een betere organisatie en bewustwording van deze nieuwe kennis ontstaat, waardoor deze kennis beter toegankelijk en bruikbaar is. Zelfgegenereerde elaboraties bevorderen het leren meer dan elaboraties geleverd door docent, tekstboek of andere externe bronnen (Hamilton, 1989; King, 1992; Reder, 1985; Reder, Charney & Morgan, 1986; Wong, 1993). Hamilton (1989) concludeerde op basis van een overzicht van onderzoek op dit gebied: "In summary, learner-generated elaborations have produced more robust, consistently positive effects on the retention of verbal information than author-generated elaborations" (p. 206). Er wordt verondersteld dat zulke gepersonaliseerde elaboraties beter te herinneren zijn voor de lerende omdat zij meer consistent zijn met de ervaring en kennisbasis van de lerende (King, 1992; Levine, 1988). Zelfgegenereerde elaboraties in vergelijking met docent of tekstboek geleverde elaboraties worden verondersteld meer relaties te leggen met de voorkennis, waardoor er meer en sterkere aanknopingspunten zijn voor het zich herinneren van de informatie (King, 1992). Een andere verklaring voor de grotere effectiviteit van zelfgegenereerde elab-

boraties is dat deze meer bewust worden ervaren en grotere cognitieve inspanning vereisen, dan elaboraties die door docenten worden geleverd (Pressley et al., 1992). Tenslotte bestaat de mogelijkheid dat persoonlijke elaboraties motiverender (intrinsieke motivatie) zijn dan door docenten aangeboden elaboraties (King, 1992).

Elaboraties die in de groep worden gegenereerd, worden verondersteld effectiever te zijn dan individueel gegenereerde elaboraties. Empirische ondersteuning voor deze veronderstelling is volgens King (1992) te vinden in het peer tutoring onderzoek en in onderzoek naar coöperatief leren (Webb, 1989). Uit dit onderzoek blijkt dat het geven van verklaringen in de groep positieve effecten heeft op de leerprestaties van studenten (King, 1992; Pressley, et al., 1992; Webb, 1989). Leerlingen blijken meer te leren wanneer zij elkaar iets uitleggen. Zo kan het geven van verklaringen in de groep de lerende stimuleren tot: verheldering of reorganisatie van kennis op nieuwe manieren, bewustwording van leemtes in kennis, herkennen en oplossen van inconsistenties in kennis, ontwikkelen van nieuwe perspectieven en genereren van meer geëlaboreerde verklaringen dan wanneer de lerende de informatie alleen leert (Webb, Troper & Fall, 1995). Verbaliseren van kennis in interactie met anderen heeft volgens Prawat (1989) een grotere bewustwording van die kennis tot gevolg. Pressley et al. (1992) veronderstellen dat wanneer studenten verklaringen geven aan anderen dit meer eisen stelt aan de lerende.

Empirische ondersteuning voor deze elaboratie theorie over de effecten van zelfgegenereerde verklaringen in de groep voorafgaande aan de te leren studietekst is te vinden in onderzoek hoe men leert van teksten, in onderzoek naar coöperatief leren en in misconceptie-onderzoek. Taakvormen die verwant zijn aan probleemanalyse in de groep zijn in deze drie onderzoeksstromen te vinden. Hoewel er een grote variatie is in onderzoeksdesigns, ondersteunen deze onderzoeken de elaboratietheorie.

De directe empirische ondersteuning voor de theorie over probleemgestuurd leren is beperkt en richt zich alleen op de directe effecten van probleemanalyse op het leren van nieuwe informatie. Schmidt (1982) heeft bijvoorbeeld in verschillende experimenten de effecten van probleemanalyse in de groep op het leren van een studietekst onderzocht en rapporteert positieve effecten. In twee experimenten werd onderzocht wat de effecten van probleemanalyse waren op het leren en zich herinneren van een studietekst. Het bloedcelprobleem dat in het begin van dit hoofdstuk is beschreven werd daarbij gebruikt. Proefpersonen waren eerstejaars studenten aan HBO-inschrijvingen. Probleemanalyse in de kleine groep werd vergeleken met een controle groep die het probleem niet analyseerde maar wel dezelfde tekst las. Uit de resultaten van de twee experimenten bleek dat de probleemanalyse groep significant hoger scoorde op een transfertoets dan de controle groep. Tevens scoorden zij significant hoger op een herkenningstest. De probleemanalysegroep reproduceerde daarnaast significant meer correcte proposities uit de tekst dan de

controlegroep. Het aantal geproduceerde inferenties verschilde echter niet significant tussen beide groepen. Schmidt concludeerde dat probleemanalyse in de kleine groep een algemeen facilitatief effect heeft op het leren van een probleemrelevante studietekst.

De theorievorming over en de empirische ondersteuning van de effecten van probleemanalyse voor het leren van nieuwe informatie zijn beperkt en moeten verder uitgewerkt worden. Zo is bijvoorbeeld onduidelijk of de gevonden effecten van probleemanalyse generaliseerbaar zijn. Meer onderzoek is nodig naar de voorwaarden waaronder probleemanalyse positieve effecten op het leren van nieuwe informatie veroorzaakt. Verder worden bepaalde cognitieve processen tijdens probleemanalyse verondersteld die de gevonden positieve effecten verklaren. Over de aard van deze cognitieve processen (elaboraties) is echter weinig bekend. Vooral wat betreft de relatie tussen de interactie in de groep en deze cognitieve processen. Daarbij komt dat ook de methodologie voor dergelijk onderzoek nog onvoldoende voorhanden is. Kortom ook op dit gebied is er meer onderzoek nodig. Het onderzoek waarover in dit proefschrift verslag wordt gedaan richt zich op deze onderwerpen.

Hoofdstuk 3

Differentiële effecten van probleemanalyse in de kleine groep op het verwerken van tekst bij beginners en gevorderden¹

31

- 1 Delen van het hier gerapporteerde onderzoek zijn gepubliceerd in: De Grave, W.S., Schmidt, H.G., De Volder, M.L., & Moust, J.H.C. (1987). *Can previously acquired knowledge be activated through small group discussion?* Paper presented at the meeting of the American Educational Research Association, Washington, DC, April. Educational Resources Information Center(ERIC), ED321712 en in Schmidt, H. G., De Volder, M.L., Grave, W.S. de, Moust, J.H.C., & Patel, V.L. (1989). Explanatory models in the Processing of Science Text: The role of Prior Knowledge Activation Through Small-Group Discussion. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 610-619.

Inleiding

Een belangrijk uitgangspunt van de cognitieve psychologie is de veronderstelling dat het begrijpen van een tekst een actief en constructief proces is. Begrijpen van een tekst impliceert dat de nieuwe kennis geïntegreerd moet worden met het reeds bestaande kennisbestand. Het begrijpen van wetenschappelijke teksten betekent het bouwen van een mentaal model van het systeem of proces dat in de tekst wordt beschreven (Mayer, 1996; Kintsch, 1994). Een belangrijk kenmerk van informatie die geïntegreerd is in de reeds aanwezige kennis is dat deze kennis gemakkelijk te herinneren en te gebruiken is. Niet geïntegreerde kennis daarentegen is moeilijker toegankelijk en moeilijker te gebruiken.

Probleemanalyse in de groep, zoals in Hoofdstuk 1 beschreven, is een onderwijsprocedure die erop gericht is om de integratie te vergroten tussen de reeds aanwezige kennis en de nieuwe, nog te leren informatie. Kort samengevat wordt verondersteld dat probleemanalyse relevante voorkennis activeert en daardoor de leerlingen in staat stelt om, op een bepaald niveau van begrip, met het probleem om te gaan. De taak is het vinden van verklaringen voor de verschijnselen in termen van een onderliggend proces. De kennis die wordt geactiveerd door de analyse van het probleem zal de vorm hebben van een probleemspecifiek verklaringsmodel op basis van de kenmerken van de taak. Er wordt verondersteld dat dit model, geconstrueerd voor het begrijpen van het probleem, het begrijpen van nieuwe informatie over dat probleem zal vergemakkelijken.

Mayer (1989a; 1996) noemt als voorwaarde voor deze onderwijsmanipulatie dat deze a. de aandacht van de lezer moet richten op de verklarende informatie in de tekst; b. deze informatie moet organiseren; en c. de lezer moet helpen deze te integreren. Schmidt (1982) heeft in een onderzoek aangetoond dat probleemanalyse inderdaad leidt tot het activeren van voorkennis en het ontwikkelen van verklaringen stimuleert. Dit onderzoek laat echter niet zien of en in hoeverre er werkelijk een integratie op gang komt tussen de geactiveerde voorkennis en de nieuw te leren informatie.

Uit een overzicht van onderzoek naar onderwijsvariabelen die de integratie van de nieuwe informatie in de bestaande kennis bevorderen (Prawat, 1989) blijkt dat een tweetal factoren van invloed zijn op de integratie en daarmee de toegankelijkheid van de kennis, namelijk de *organisatie* van de kennis en *bewustzijn* van die kennis. Onderwijsvariabelen die volgens Prawat van invloed zijn op de organisatie van kennis zijn: 1. het ontwikkelen van diverse vormen van representatie voor de te leren informatie, zoals analogieën, conceptuele modellen, metaforen; 2. het expliciet maken van hoe belangrijke elementen van de informatie aan elkaar gerelateerd zijn; en 3. het expliciteren en activeren van de naïeve en informele kennis van studenten. In het onderzoek naar het leren van wetenschappelijke studieteksten heeft Mayer (1987; 1989a; 1989b) empirische ondersteuning gevonden voor deze

onderwijsvariabelen. Vooral voor die onderwijsvariabelen die studenten stimuleren tot het zelf genereren van elaboraties (Mayer, 1987). Bij probleemanalyse wordt verondersteld dat studenten zelf conceptuele modellen, analogieën en metaforen genereren, zoals reeds in Hoofdstuk 1 is geconstateerd. Doordat in de probleemanalyse verder door studenten meerdere verklaringen gegenereerd worden met verschillende concepten kunnen ook de relaties tussen deze concepten expliciter worden voor de studenten. Tenslotte wordt verondersteld dat probleemanalyse het activeren van de voorkennis stimuleert (zie het voorbeeld van het bloedcelprobleem in Hoofdstuk 1).

De toegankelijkheid en integratie van de nieuwe kennis, zo stelt Prawat (1989), wordt verder gestimuleerd wanneer studenten meer bewust worden gemaakt van wat ze weten en wat ze niet weten over een onderwerp. Verschillende onderwijsvariabelen die dit bewustzijn beïnvloeden zijn: 1. het verbaliseren van kennis en 2. discussie over kennis. In een overzicht van onderzoek naar leeromgevingen waarin interactie in de kleine groep centraal staat concludeerden Brown en Palincsar (1986, p. 395):

“Dat integratie van kennis waarschijnlijker wordt wanneer de student zijn of haar standpunt moet verklaren, uitleggen of verdedigen ten opzichte van die van anderen. De noodzaak om te verklaren is daardoor vaak de stimulans om hem/haar ertoe te zetten eigen kennis te evalueren en te elaboreren”

In de fase van probleemanalyse moet de student, wanneer deze verklaringen genereert, de beschikbare kennis verwoorden en door de confrontatie met alternatieve verklaringen wordt de student bewust gemaakt van de grenzen van de voorkennis en van mogelijke discrepanties tussen wat begrepen wordt en nog moet worden begrepen. Probleemanalyse in een kleine groep kan, op basis van bovenstaande factoren, geacht worden van invloed te zijn op de integratie van de nieuwe informatie in het oude kennisbestand.

In een overzicht van onderzoek naar de effecten van onderwijsmethoden gericht op integratie van de nieuwe informatie in de bestaande kennis constateerde Mayer (1987; 1989a; 1989b) dat er bepaalde leereffecten te verwachten zijn. Deze effecten hebben niet alleen betrekking op de kwantitatieve aspecten, maar ook op de kwalitatieve aspecten van leren. Wanneer een wetenschappelijke studietekst geleerd wordt en men zich deze moet herinneren verwacht Mayer dat studenten meer de verklarende dan de beschrijvende informatie uit de tekst zullen herinneren. Mayer legt de nadruk op dit patroon van leerprestaties, omdat wanneer men alleen kijkt naar de hoeveelheid recall, men volgens Mayer vaak geen duidelijke verschillen vindt tussen experimentele en controle groepen. In verschillende overzichten van onderzoek naar de effecten van elaboratie activiteiten van lerenden op het onthouden van informatie uit de tekst is empirische ondersteuning voor deze veronderstelling omtrent leereffecten gevonden (Mayer, 1987; 1989a).

Er kan een onderscheid gemaakt worden in verklarende en descriptieve proposities die een lerende zich herinnert van een studietekst. Volgens Mayer (1985a, 1985b) is het aantal verklarende proposities in free recall een gevoelige meting voor de diepte van integratie van leerstof in bestaande kennisstructuren. Bromage en Mayer (1981) bijvoorbeeld ontdekten een correlatie van .59 tussen het aantal verklarende proposities in de recall van een tekst en gedrag op een test voor probleemoplossen waar proefpersonen de kennis moesten toepassen die verkregen was uit de tekst. Ze suggereren dat de betere probleemoplossers een representatie van de informatie hadden geconstrueerd die beter geïntegreerd was in hun voorkennis. Het onderscheid tussen verklaring en descriptie lijkt relevant omdat probleemanalyse ook gericht is op het produceren van verklaringen. Daarbij komt dat het beschouwd werd als een goed alternatief voor het aantal inferenties op grond van de bestudeerde tekst als een (meer algemeen gebruikte) meting van integratie (Van Dijk & Kintsch, 1984). Toegepast op de onderwijsvariabele probleemanalyse is de voorspelling dat probleemanalyse zal leiden tot een verbeterde recall van de meer belangrijke informatie in een daarna te bestuderen tekst. De veronderstelling hierbij is dat probleemanalyse de studenten helpt de aandacht te richten op de verklarende informatie in de tekst, deze informatie te organiseren en te integreren in de bestaande kennis.

In de cognitieve psychologie is geconstateerd dat leerprocessen kunnen verschillen bij lerenden met minder of met meer kennis en dat er fasen in het leerproces te onderscheiden zijn (Shuell, 1986). Dit kan leiden tot differentiële effecten van onderwijsmethoden bij de verschillende fasen in het leren. Volgens Shuell (1986, p 429) kunnen “... given (*educational*) variables may facilitate acquisition during one phase of learning and have little, if any, effect during other phases”. In de literatuur vindt men verschillende hypothesen over de differentiële effecten van onderwijsprocedures bij studenten met verschillende voorkennis. Mayer (1989a; 1989b) veronderstelt dat onderwijsmethoden, die gericht zijn op integratie van nieuwe informatie in de reeds aanwezige kennis, het meest effectief zijn bij studenten die niet spontaan in zinvolle leerprocessen zouden deelnemen. Een beginner-leerling bijvoorbeeld bezit nog niet of kan niet gemakkelijk een mentaal model van de te leren informatie genereren. Als onderbouwing van deze redenering verwijst Mayer naar het onderzoek naar de effectiviteit van onderwijsmethoden bij individuele leerlingen (Snow & Lohman, 1984). In dit onderzoek werd geconstateerd dat onderwijsmethoden gericht op de integratie van leerstof het meest succesvol zijn bij minder vaardige studenten en bij studenten met weinig voorkennis. Deze hypothese zou betekenen dat probleemanalyse bij beginners duidelijker effecten zou hebben dan bij gevorderden.

Deze hypothese wordt ondersteund door de theorie dat wanneer men studenten bewust maakt van de beperkingen en grenzen van de voorkennis voorafgaand aan het begrijpen van nieuwe informatie dit een positief effect heeft op het leren van

deze informatie (Champagne, Klopfer, & Gunstone, 1982; Prawat, 1989). Anderson (1977) verwoordt het als volgt: "My conjecture is that the likelihood of schema change is maximized when a person recognizes a difficulty in his current position and comes to see that the difficulty can be handled within a different schema" (p. 427). Omdat de kennis van beginners in verschillende opzichten geringer is in vergelijking tot de kennis van gevorderde studenten, kunnen zij duidelijker discrepanties ervaren tussen hun huidige kennisstand en de kennis die nodig is om het probleem werkelijk te begrijpen. Probleemanalyse voorafgaand aan het leren van een tekst kan daarom bij beginners de grootste invloed hebben. In dit experiment werden de effecten van probleemanalyse op het leren van een daaropvolgende studietekst onderzocht. De proefpersonen analyseerden een relevant probleem of een irrelevant probleem voorafgaande aan het bestuderen van een tekst over osmose om de mogelijke differentiële effecten van mate van voorkennis op het zich herinneren van de tekst te onderzoeken. Zowel proefpersonen met weinig voorkennis (beginners) en proefpersonen met meer kennis (gevorderden) namen deel aan dit experiment. De belangrijkste afhankelijke variabele in de volgende analyses is het onderscheid tussen verklarende en descriptieve proposities in free recall.

Methode

Proefpersonen

Proefpersonen waren 88 leerlingen uit een school voor voortgezet onderwijs (VWO): 46 derde jaars leerlingen (18 jongens en 28 meisjes) en 42 vierdejaars leerlingen (24 jongens en 18 meisjes). De leeftijd van de derdejaars was gemiddeld 14,91 jaar (met een standaard deviatie van 0,59) en die van de vierdejaars was gemiddeld 16,41 jaar (standaard deviatie 0,52).

De derdejaars leerlingen waren onbekend met het biologieonderwerp Osmose. Ze hadden echter wel algemene biologiekennis, daarbij inbegrepen globale kennis van de structuur van cellen. Als gevolg daarvan werden zij beschouwd als beginners. De vierdejaars proefpersonen hadden recent het onderwerp osmose afsloten als onderdeel van hun biologieonderwijs, zij waren de gevorderden in dit experiment. De proefpersonen werden at random toegewezen aan de verschillende groepen in het experiment, waardoor vier groepen werden gecreëerd: experimentele en controle groepen voor zowel beginners als gevorderden.

Materialen

De materialen bestonden uit twee probleembeschrijvingen, een tekst, een free recall toets en een aanvultoets. De probleembeschrijving voor de experimentele conditie bestond uit de beschrijving van een rode bloedcel in verschillende omstandigheden: "Een rode bloedcel is geplaatst in zuiver water onder een microscoop. De

bloedcel zwelt snel en barst uiteindelijk. Een andere rode bloedcel wordt toegevoegd aan een oplossing van zout in water en deze schrompelt ineen". De leerlingen worden gevraagd om deze verschijnselen te verklaren in termen van onderliggende processen, principes of mechanismen. De probleembeschrijving voor de controle groep was als volgt geformuleerd: "Op de Amsterdamse Luchthaven kan men waarnemen hoe vliegtuigen die verschillende tonnen wegen, blijkbaar zonder moeite de lucht ingaan. Hoe kan dit verschijnsel worden verklaard?"

De tekst was een zespagina dik boekje met in totaal 2.220 woorden (zie Appendix 1). Het was getiteld "Osmose en diffusie" en bevatte passages over diffusie, diffusiesnelheid, doorlaatbaarheid van celmembranen, osmose, osmotische druk, osmotische waarde, de celstructuur van planten, turgor en plasmolyse. In de tekst werd niet verwezen naar osmose in bloedcellen. De free recall toets bestond uit drie witte pagina's en een voorpagina met de volgende instructie: "Schrijf alles op wat je herinnert van de tekst over osmose en diffusie. Schrijf in volle zinnen en vermijdt een telegramstijl of tekeningen."

Voor het vaststellen van wat men zich herinnerde van de tekst werd gebruik gemaakt van een op basis van de tekst en tekststructuur geconstrueerde aanvultoets met in totaal 55 vragen. De aanvultoets is geconstrueerd op basis van een analyse van de tekst over Osmose en diffusie. Met behulp van een geconstrueerde tekststructuur (zie Schmidt, 1982) werden vragen voor de aanvultoets gemaakt die representatief waren voor de tekststructuur (de verschillende niveaus van de tekststructuur waren in de aanvultoets vertegenwoordigd). In de toets komen verschillende typen vragen voor zoals vragen naar definities, vragen naar voorbeelden, vragen naar verbanden tussen begrippen en verschijnselen. De bewoordingen van de vragen sloten zo letterlijk mogelijk aan bij die van de tekst over osmose en diffusie. De betrouwbaarheid (interne consistentie) van de aanvultoets is $\alpha = 0,87$.

Procedure

De proefpersonen (gevorderden en beginners) werden at random toegewezen aan een experimentele ($n = 43$) of een controle conditie ($n = 45$). Zowel experimentele als controlegroepen (bij beginners en gevorderden) werden vervolgens onderverdeeld in vier kleine groepen van ongeveer gelijke grootte. Alle proefpersonen waren, binnen hun conditie, willekeurig toegewezen aan groepen ter grootte van zes of zeven leerlingen. De experimentele proefpersonen analyseerden het bloedcelprobleem, terwijl de controle groepen het vliegtuigprobleem analyseerden. Een proefleider werd aan elk van deze groepen toegewezen. Alle proefpersonen ontvingen geschreven instructies, waarin werd uitgelegd wat van hen werd verwacht. Het voorbeeld aanwezig in de instructie (statische elektriciteit als een verklaring voor het verschijnsel onweer) was niet gerelateerd aan het onderwerp osmose. De proefleider toetste, door het stellen van vragen, of de proefpersonen begrepen hadden hoe zij het experimentele probleem moesten aanpakken. De introductie nam

vijf tot tien minuten in beslag. Daaropvolgend werden de proefpersonen vijftien minuten gegeven om verklaringen te formuleren voor of het bloedcel probleem of voor het placebo probleem. Na het lezen van het probleem, wat ongeveer één minuut duurde, begonnen de proefpersonen verklaringen te geven. De proefleider handelde als gesprekleider, en gaf regelmatig samenvattingen van de verschillende opvattingen. De discussie werd op band opgenomen, waardoor er geverifieerd werd dat geen informatie werd gegeven waaruit proefpersonen inzichten konden afleiden van de onderliggende mechanismen van beide problemen. Drie en zeventig procent van de bijdragen van de proefleiders bestond uit vragen naar verheldering; de overblijvende opmerkingen waren samenvattingen die dezelfde terminologie als de proefpersonen gebruikten of aanmoedigende geluiden zoals 'uh' 'huh'. De proefleider was geïnstrueerd om de discussie te beëindigen wanneer er geen reactie kwam op zijn vraag of iemand nog iets wilde toevoegen of verklaren.

De experimentele proefpersonen analyseerden het bloedcelprobleem, terwijl de controle groepen het vliegtuigprobleem analyseerden. De gemiddelde tijd die voor de discussie werd gebruikt was 9 minuten en 10 seconden (range ongeveer 1 minuut en 25 seconden). Er werden geen systematische verschillen in discussietijd gevonden tussen beginners en gevorderden of tussen de problemen. Gemiddeld spraken de proefpersonen ongeveer 82 % van de tijd, met slechts marginale verschillen tussen de groepen.

De tijd om de tekst te bestuderen was 20 minuten. Verder moesten de proefpersonen nog een korte vragenlijst invullen die ten doel had om overdrachtseffecten te voorkomen. Daaropvolgend werd de free recall toets over osmose aangeboden aan zowel de experimentele als de controle groep. Er was geen tijdslimiet gesteld aan de beantwoording van de free recall toets. Na de free recall toets kregen de studenten de aanvultoets aangeboden.

37

Analyse

Scoring: allereerst werden de door de proefpersonen geproduceerde free recall protocollen door twee onafhankelijke beoordelaars onderverdeeld in onderwerp-gezegde eenheden (of proposities), die elk een enkel idee weergeven. De overeenstemming tussen de beoordelaars was 96 %. De grenzen tussen twee proposities kan worden gevonden door het identificeren van geschikte linguïstische signalen in de tekst, zoals: voegwoorden, bijwoorden, zelfstandige naamwoorden, komma's, punten en haakjes. Een voorbeeld wordt geleverd door het volgende protocol (schuine strepen markeren grenzen):

Osmose is het proces/ waardoor een grotere concentratie water aantrekt uit een kleinere concentratie/ wanneer deze concentraties worden gescheiden door een semipermeabele membraan/ Het Griekse woord osmose betekent duw/ De aspiratie van water moleculen wordt gerealiseerd door diffusie/ (diffundere betekent verspreiden)./

Vervolgens werd elke propositie op correctheid gecontroleerd. De overeenstemming tussen beoordelaars hierbij was 88%. Verder werden de proposities gecategoriseerd als zijnde verklarend of descriptief van aard. Een verklarende propositie werd gedefinieerd als een verklaring die of een proces karakteriseert, of een voorwaarde beschrijft waaronder een proces plaatsvindt. Alle andere proposities werden beschouwd als descriptief. De volgende zin levert voorbeelden van drie verklarende proposities: "Wanneer zoutoplossingen aan verschillende kanten van een semipermeabele membraan een verschillende concentratie hebben,/ zullen watermoleculen zich bewegen door de membraan van de hogere naar de lagere concentratie,/ tot equilibrium is hersteld." Een voorbeeld van een descriptieve propositie is: "Osmose gebeurt zowel in mensen als in planten". De overeenstemming tussen beoordelaars voor deze categorisering van proposities was 89%. Meningsverschillen tussen beoordelaars werden opgelost door discussie. De gegevens van de free recall toets werden geanalyseerd door gebruik te maken van een herhaalde meting variantie analyse met twee tussen proefpersonen factoren (conditie en niveau van expertise) en een binnen proefpersonen factor (de type proposities die worden herinnerd: Verklarende versus descriptieve). De gegevens van de aanvultoeets werden geanalyseerd door gebruik te maken van ANOVA.

Resultaten

Free Recall

De resultaten voor het aantal correct verklarende proposities en het aantal correct beschrijvende proposities staan vermeld in Tabel 3.1.

De herhaalde meting variantie analyse van de free recall gaf de volgende resultaten: Een significant verschil werd gevonden tussen de groepen bloedcelprobleem en controleprobleem wat betreft de totaal aantal correct herinnerde proposities, $F(1, 82) = 6,15$, $MS_e = 116,69$, $p < 0,05$. Zoals kon worden verwacht, produceerden gevorderden significant meer accurate proposities dan beginners, $F(1, 82) = 82,47$, $MS_e = 116,69$, $p < 0,001$. Het interactie effect tussen treatment en niveau van expertise was niet significant, $F(1, 82) = 0,01$, $p < 0,93$.

Uit de analyses blijkt verder dat significant meer verklarende proposities dan descriptieve proposities van de tekst werden herinnerd, $F(1, 82) = 179,16$, $MS_e =$

Tabel 3.1. Gemiddeld aantal correcte verklaringen en correcte beschrijvingen herinnerd.

Soort propositie	Bloedcelprobleem			Controle probleem		
	Gem	sd	n	Gem	sd	n
Beginners	26,0	12,4	22	18,5	6,6	22
Verklaringen	9,5	9,9		13,7	6,5	
Beschrijvingen	6,5	4,1		4,8	1,8	
Gevorderden	53,4	25,7	21	48,2	15,6	21
Verklaringen	41,8	18,3		32,5	11,5	
Beschrijvingen	11,6	7,3		15,2	7,6	

65,41, $p < 0,001$. Interessanter dan dit hoofd effect zijn de significante interacties tussen treatment en type proposities die worden herinnerd, $F(1, 82) = 7,77$, $MS_e = 65,41$, $p < 0,01$, en het niveau van expertise en de soort proposities die worden herinnerd, $F(1, 82) = 20,47$, $MS_e = 65,41$, $p < .001$.

Het verschil tussen treatment effecten is veel groter voor verklaringen dan voor beschrijvingen. Voor verklaringen was het verschil tussen condities significant, $F(1, 82) = 4,73$, $MS_e = 254,93$, $p < 0,05$; voor beschrijvingen was het verschil niet significant, $F(1, 82) = 0,18$, $MS_e = 54,40$, $p < 0,67$. Deze resultaten impliceren dat het experimentele effect, zoals weerspiegeld in de recall, geheel veroorzaakt werd door de verwerking en herinnering van verklarende informatie. Beschrijvende informatie uit de studietekst wordt niet beter herinnerd als gevolg van de analyse van het bloedcelprobleem. Dit effect is sterker voor de gevorderden dan voor de beginners, vandaar het interactie-effect tussen niveau van expertise en het type propositie herinnert.

39

Aanvultoets

De resultaten voor het gemiddeld aantal correct herinnerde items van de aanvul-toets staan vermeld in Tabel 3.2. De variantie analyse gaf de volgende resultaten: Er werd geen significant verschil gevonden tussen de groepen bloedcelprobleem en controleprobleem wat betreft de totaal aantal correct herinnerde proposities, $F(1, 82) = 1,50$, $MS_e = 24,90$, $p = 0,225$. Zoals kon worden verwacht, produceerden gevorderden significant meer accurate proposities dan beginners, $F(1, 82) = 134,26$, $MS_e = 24,90$, $p < 0,001$. Het interactie effect tussen treatment en niveau van expertise was significant, $F(1,82) = 4,83$, $MS_e = 24,90$, $p < 0,05$.

Zoals Tabel 3.2 laat zien is het verschil wat betreft het experimenteel effect groter voor beginners dan voor gevorderden. De beginners in de groep bloedcel probleem in vergelijking tot de beginners in groep controle probleem herinneren sig-

Tabel 3.2. Gemiddeld aantal correct herinnerde items van de aanvultoeets.

	Bloedcelprobleem			Controle probleem		
	gem	sd	n	gem	sd	n
Beginners	26,3	6,1	22	22,6	5,6	22
Gevorderden	36,4	3,9	21	37,4	3,9	21

nificant meer correcte items, $F(1, 82) = 4,39$, $MS_e = 33,99$, $p < 0,05$. Gevorderden in de twee verschillende groepen daarentegen verschillen niet significant van elkaar wat betreft het aantal correct herinnerde items, $F(1, 82) = 0,75$, $MS_e = 33,99$, $p = 0,39$. Deze resultaten bevestigen de veronderstelling dat beginners meer profijt hebben van probleemanalyse dan gevorderden.

Discussie

Het doel van deze studie was na te gaan wat de differentiële effecten waren van probleemanalyse in een kleine groep op het leren van een tekst bij beginners en gevorderden. De resultaten van de free recall wijzen erop dat wanneer proefpersonen het bloedcelprobleem gegeven wordt en daarbij de instructie ontvangen om verklaringen voor het gedrag ervan te produceren, dit over het algemeen het verwerken en zich herinneren van een probleem relevante tekst vergemakkelijkt. Deze resultaten zijn consistent met het idee dat probleemanalyse een algemeen facilitatieve werking heeft op het leren van een probleemrelevante studietekst. Ook Schmidt (1982) vond een facilitatieve invloed van probleemanalyse op het leren van een studietekst. De veronderstelling dat beginners meer zouden profiteren van probleemanalyse dan gevorderden is gedeeltelijk bevestigd. Het gevonden verschil tussen de experimentele en de controle groep is groter voor de beginners dan voor de gevorderden (vooral bij de aanvultoeets). Dit komt overeen met de resultaten van ander onderzoek (Mayer, 1989b). De hypothese, dat zij die meer voorkennis zouden hebben meer zouden leren door de activatieprocedure, wordt dus niet ondersteund door de resultaten van dit experiment. De resultaten van de free recall toets laten echter zien dat ook gevorderden profijt kunnen hebben van probleemanalyse in de kleine groep. Gevorderden en beginners schijnen allebei te worden beïnvloed door probleemanalyse voorafgaande aan het leren van een tekst. De gegevens omtrent het patroon van de free recall tonen duidelijk aan dat wanneer proefpersonen gevraagd worden een verzameling natuurlijke verschijnselen te verklaren in termen van hun causale onderliggende processen, dit ertoe leidt dat de proefpersonen *verklarende* informatie uit een tekst oppikken die te maken heeft

met deze verschijnselen. Probleemanalyse heeft blijkbaar de studenten geholpen de aandacht te richten op de verklarende informatie in de tekst en hen gestimuleerd daartussen relaties te leggen en deze te integreren in de voorkennis. Het herinneren van descriptieve feiten wordt niet specifiek ondersteund door de onderwijsprocedure. Deze resultaten zijn in overeenstemming met andere onderzoeken die het onderscheid in verklaringen en beschrijvingen in recall hebben gebruikt (zie Mayer, 1987; 1989a; 1989b).

Hoe zijn de resultaten van dit onderzoek nu te interpreteren vanuit de in Hoofdstuk 2 geformuleerde hypothesen? Tenminste drie antwoorden zijn mogelijk. De eerste is een motivationele verklaring. De proefpersonen werden geconfronteerd met een probleemsituatie waarvoor ze geen bevredigende oplossingen hadden. Berlyne (1978, zie ook Loewenstein, 1994) suggereert dat wanneer een individu een discrepantie ervaart tussen wat hij of zij weet over een onderwerp en wat men zou moeten weten, er een cognitief-motivationeel proces wordt opgeroepen. Dit proces, dat Berlyne de epistemische nieuwsgierigheid noemt, heeft informatiezoekend gedrag tot gevolg dat gericht is op de overbrugging van de kenniskloof. Een implicatie van deze hypothese zou zijn dat de groep gevorderden, die over het algemeen geen moeite had om te verklaren waarom de bloedcel ineenschrompelde of zwol, minder epistemische nieuwsgierigheid zou ervaren, en dus minder leerde dan de groep beginners. Deze voorspelling is echter in tegenspraak met de resultaten van het experiment, omdat er geen interactie-effect werd gevonden tussen treatment en niveaus van expertise bij de free recall toets. Bij de aanvultoeets daarentegen werd wel een interactie-effect gevonden. Gegeven de trend bij de free recall toets en het interactie-effect bij de aanvultoeets kan de motivatie hypothese niet uitgesloten worden. De motivationele hypothese kan echter niet duidelijk maken waarom in het bijzonder verklarende informatie beter herinnerd wordt.

Een tweede mogelijkheid is een verklaring op basis van het idee van selectieve aandacht. Omdat de proefpersonen werden gevraagd verklaringen te produceren voor het gedrag van de bloedcel, kan het zijn dat ze zich speciaal gericht hebben op de verklarende informatie in de tekst over osmose en diffusie en daarom betere recall hadden van dat soort informatie. Studies binnen het kader van de selectieve aandacht hebben over het algemeen aangetoond dat aandacht schenken aan specifieke delen van een tekst resulteert in superieure recall van die delen, maar dat gaat ten koste van delen die minder aandacht krijgen (Goetz, Schallert, Reynolds, & Radin 1983; Mayer 1987; Rothkopf & Ballington, 1979). Dus hoewel deze hypothese kan verklaren waarom de experimentele groepen superieure recall van verklarende informatie toonden, slaagt het er niet in te verklaren waarom de recall van descriptieve informatie van de experimentele groep niet slechter was dan de recall van de controle groep als resultaat van de door eerstgenoemde minder aandacht geven aan die elementen van de tekst.

De derde kandidaat voor een antwoord is de eerder besproken elaboratie hypothese. Volgens deze hypothese activeren proefpersonen tijdens de probleemanalyse voorkennis over de actuele of gerelateerde onderwerpen. Door de aard van de taak zal de geactiveerde voorkennis ertoe neigen verklarend van aard te zijn. Wanneer de tekst bestudeerd wordt, zullen de bestaande cognitieve structuren, waarin de informatie uit de tekst moet worden geïntegreerd, waarschijnlijk de eerder geactiveerde verklarende kennis zijn, omdat deze meer toegankelijk is dan de niet geactiveerde descriptieve kennis. Dit zou niet alleen verklaren waarom meer informatie van de tekst wordt herinnerd, maar ook waarom verklarende informatie in het bijzonder beter wordt herinnerd. Daarbij komt dat verklarende informatie over het algemeen meer coherent is dan de descriptieve feiten, omdat de verschillende proposities causaal verbonden zijn in het geheugen, hetgeen het herinneren van die proposities kan vergemakkelijken.

Een onderwerp dat niet expliciet behandeld is in dit experiment is de mate waarin groepsprocessen kunnen hebben bijgedragen aan leren. Webb (1989) heeft bijvoorbeeld aangetoond dat het geven van verklaringen in reactie op vragen zegenrijk kan zijn voor zowel de gever als de ontvanger. In het volgende experiment wordt specifiek op deze vraag ingegaan.

Hoofdstuk 4

Relatieve effectiviteit van probleemanalyse in de groep vergeleken met individuele probleemanalyse en activatie van voorkennis¹

¹ Delen van het hier gerapporteerde onderzoek zijn gepresenteerd als: De Grave, W. S., Schmidt, H.G., Belien, J.J., Moust, J.H.C., De Volder, M.L., & Kerkhofs, L.M.M. (1984). *Effecten van verschillende typen van activatie van voorkennis op recall, gemeten met een aanvultoets*. Paper gepresenteerd op de Onderwijs Research Dagen, Tilburg.

Inleiding

In het vorig hoofdstuk is onderzocht wat de relatieve effectiviteit is van probleem-analyse in de groep bij beginners en gevorderden. Als controle groep werd daarbij gehanteerd een irrelevant probleem dat de studenten in de groep dienden te analyseren. In de opzet van dit onderzoek is er echter geen rekening gehouden met de mate waarin interactie in de groep kan hebben bijgedragen aan de leereffecten.

Probleemanalyse vindt plaats in een coöperatieve leersituatie, waarin lerenden op elkaar aangewezen zijn en met elkaar samenwerken. Een belangrijk kenmerk van coöperatieve leersituaties, dat deze onderscheidt van individuele leersituaties, is de mogelijkheid van interactie tussen de lerenden. Tijdens de probleemanalyse zijn er een aantal activiteiten van de lerenden, die aangeduid kunnen worden met interactie, zoals informatie geven, vragen stellen aan elkaar, naar elkaar luisteren, kritiek geven, etc. Tijdens deze interactie kan men van elkaar leren.

In een aantal studies is gebleken dat interactie in een leergroep een positief effect heeft op de leerprestaties van lerenden. In een overzicht van correlatieel onderzoek naar de effecten van coöperatieve leersituaties (Webb, 1989) bleek dat bepaalde vormen van interactie positieve effecten hadden op de leerprestaties van studenten. Dit onderzoek heeft uitgewezen dat de correlaties tussen zelf gegenereerde verklaringen en leerprestaties positief en significant was. Het genereren van geëlaboreerde antwoorden op vragen gesteld door medestudenten stimuleert volgens Webb (1989) een verscheidenheid aan cognitieve processen, die in individuele leersituaties niet zouden hebben plaatsgevonden. Deze onderzoeksresultaten zijn consistent met resultaten uit experimenteel onderzoek. Pressley, Wood, Woloshyn, Martion, King, & Menke (1992) hebben een overzicht gegeven van experimenteel onderzoek naar de leereffecten van het geven van verklaringen voorafgaande aan de te leren tekst. Uit dit onderzoek bleek dat deze activiteit het leren van de tekst vergemakkelijkt. Deze conclusie trokken zij onder andere uit experimenteel onderzoek naar de effecten van het reageren op vragen (dus het genereren van geëlaboreerde antwoorden) die gesteld waren voorafgaande aan de bestudering van een tekst en door "elaborative interrogation" (het genereren van elaboraties in reactie op waarom-vragen voorafgaande aan de te leren tekst). Dit onderzoek ondersteunt dus de hypothese dat het zelf konstrueren van verklaringen met name in coöperatieve context het leren van een daaropvolgende tekst vergemakkelijkt.

Onderzoek naar de effecten van brainstormen in de groep (een verwante activiteit aan probleemanalyse) versus individueel brainstormen (Diehl & Stroebe, 1987; Mullen & Johnson, 1991; Stroebe & Diehl, 1994) laat daarentegen zien dat interactie niet altijd positieve effecten heeft. In dit onderzoek is men vooral gericht op het vergelijken van groepsproducten met individuele producten, bijvoorbeeld het aantal geproduceerde ideeën door de brainstorm. De resultaten van dergelijk on-

derzoek wijzen uit dat individueel brainstormen betere resultaten oplevert dan brainstormen in de groep (Diehl & Stroebe, 1987; McGrath, 1984; Mullen & Johnson, 1991; Stroebe & Diehl, 1994). In dit geval spreekt men van procesverlies. Procesverlies gebeurt wanneer minder ideeën, minder oplossingen, minder inspanning voor een leertaak binnen groepen plaatsvindt dan wanneer men individueel werkt. Proceswinst vindt plaats wanneer meer nieuwe ideeën, oplossingen of pogingen worden gegenereerd door groepsinteractie dan wanneer studenten alleen werken.

Een viertal verschillende verklaringen zijn er gegeven voor dit procesverlies (Brent-Gallupe, Bastianutti, & Cooper, 1991; Stroebe & Diehl, 1994): 1. "Social loafing" of "Free Riding", dit betekent dat leden van een groep niet zo hard werken in een groep als wanneer zij alleen werken; 2. Het gevoel geëvalueerd te worden door de andere groepsleden; 3. "Productie blokkering", omdat slechts één persoon regelmatig kan praten kan dit een negatief effect hebben op andere groepsleden. Deze kunnen belemmerd worden in het formuleren van ideeën, in het denken aan nieuwe ideeën en het vergeten van ideeën. Tenslotte 4. "Productie matching", omdat de leden van de groep waarschijnlijk onzeker zijn over het niveau van individuele productiviteit dat er van hen verwacht wordt zullen deze groepsleden ertoe geneigd zijn om hun eigen gedrag te vergelijken met dat van andere groepsleden. Wanneer er discrepanties zijn zal er een matching van prestaties zijn, die naar het gemiddelde gaat. Wanneer de groepsnorm al laag is zal dit leiden tot lagere prestaties vergeleken met individueel brainstormen. Doordat er een verwantschap is tussen de taakstructuur van probleemanalyse met brainstormen in de groep, kunnen deze verklaringen mogelijk een interpretatiekader vormen voor gevonden effecten. Naast eerder vermeld onderzoek naar de vergelijking van groeps- en individueel product van respectievelijk groeps en individueel brainstormen is onderzoek uitgevoerd naar de effecten van deze groepsactiviteiten op individueel nivo. Dit wordt wel aangeduid als groep-naar-individu transfer. In dit onderzoek beperkt men zich niet alleen tot de producten van het groeps en individueel brainstormen, maar richt zich ook op de transfer van groepsactiviteiten naar individuele taken. Gabbert, Johnson en Johnson (1986) hebben dergelijk onderzoek uitgevoerd. De centrale vraag in hun onderzoek was of er procesverlies of proceswinst plaatsvindt. De effecten van coöperatieve en individuele leersituaties werden wat betreft prestaties vergeleken op een aantal taken die verschillende niveaus representeren van Bloom's (1956) taxonomie van cognitieve onderwijsdoelen. Een tweetal taken in het onderzoek waren brainstormtaken. In de coöperatieve groep werkten studenten in kleine groepen om een groepsproduct te produceren en deden later overeenkomstige taken als individuen. In de individuele groep werkten de studenten alleen om individuele producten te produceren en deden later overeenkomstige taken als individuen. Uit de resultaten van hun onderzoek bleek dat de studenten uit de coöperatieve groep op de brainstormtaken beter presteerden dan de studen-

ten die individueel brainstormden, dat er transfer van groep naar individu plaatsvond en dat proceswinst en geen procesverlies optrad. Dit onderzoek geeft echter geen informatie over de effecten van brainstormen in de groep op het leren van nieuwe informatie.

De verklaring voor de positieve effecten van interactie in de kleine groep op het leren van nieuwe informatie wordt gevonden in de elaboratie hypothese (Schmidt, 1993; Webb, 1989). Elaboraties, zoals het geven van verklaringen die in de groep worden gegenereerd worden verondersteld effectiever te zijn dan individueel gegenereerde elaboraties. De cognitieve processen die gepaard gaan met iets aan een ander uit te leggen blijken het leren te bevorderen. Zo kan het geven van verklaringen in de groep de lerende stimuleren tot het verhelderen of reorganiseren van kennis op nieuwe manieren, bewustwording van leemtes in kennis, inconsistenties in kennis herkennen en oplossen, nieuwe perspectieven ontwikkelen en meer geëlaboreerde verklaringen genereren dan wanneer de lerende de informatie alleen leert (Webb, Troper, & Fall, 1995). Het verbaliseren van kennis in interactie met anderen heeft volgens Prawat (1989) een grotere bewustwording van die kennis tot gevolg. Pressley et. al., (1992) veronderstellen dat het geven van verklaringen aan anderen meer eisen stelt aan de lerende. Samengevat wordt verondersteld dat het genereren van verklaringen in de groep leidt tot een sterkere organisatie en bewustwording van de kennis in vergelijking tot het individueel genereren van verklaringen, waardoor deze kennis meer toegankelijk en bruikbaar is.

Probleemanalyse in de groep stimuleert volgens Schmidt (1982) niet alleen selectieve aandacht, maar ook de organisatie en integratie van de nieuwe informatie. Probleemanalyse individueel is een methode, die eveneens al deze drie cognitieve processen veronderstelt. Bij het individueel analyseren van een probleem wordt verondersteld dat deze processen in mindere mate aanwezig zullen zijn dan bij probleemanalyse in de groep. De reden hiervoor is gelegen in het ontbreken van interactie. Dit veronderstelt een grotere effect bij de elaboratie activiteit in de groep dan bij de individuele activiteit. Op basis van het onderscheid in verklarende en descriptieve proposities wordt verwacht dat er tussen de twee vormen van probleemanalyse geen verschillen in het patroon van de recall zal zijn. Bij beide groepen worden immers gelijksoortige cognitieve processen verondersteld.

De specifieke effecten van probleemanalyse in de groep kunnen pas goed bepaald worden wanneer deze vorm van elaboratie vergeleken wordt met een zuivere vorm van activatie van voorkennis, zoals een rechtstreekse vraag naar de betreffende voorkennis ook wel mobilisatie van voorkennis genoemd (Peeck 1982a; 1982b). Hierbij wordt de proefpersoon niet gevraagd iets te verklaren, maar hem of haar wordt gevraagd zich reeds bestaande kennis te herinneren. Er is geen probleem waarvoor een verklaring behoeft te worden gegenereerd. De veronderstelling is dat dit zal leiden tot een vermindering van de mate van elaboratie in vergelijking tot de twee eerder genoemde vormen van elaboratie en daardoor wordt ook minder ge-

leerd. Waarschijnlijk zal dit ook een ander recall patroon tot gevolg hebben. Het idee is dat - in vergelijking tot probleemanalyse in de groep en individuele probleemanalyse - bij deze opdracht vooral minder verklarende proposities worden herinnerd doordat de taak minder stimuleert tot selectieve aandacht voor en organisatie van de te leren informatie.

In het in dit hoofdstuk beschreven experiment werd onderzocht wat de relatieve effectiviteit was van probleemanalyse in de groep op het zich herinneren van de tekst vergeleken met individuele probleemanalyse en met een taak voor voorkennisactivatie. Op basis van de veronderstelde cognitieve processen is de hypothese geformuleerd dat probleemanalyse in de groep leidt tot een betere integratie van de beschikbare kennis met de te leren nieuwe informatie dan respectievelijk de individuele probleemanalyse en de taak voorkennisactivatie. Het experiment werd uitgevoerd bij gevorderde studenten die reeds enige tijd geleden dit onderwerp bestudeerd hadden. Als belangrijke afhankelijke variabelen werd het aantal correcte proposities (free recall en aanvultoeft) dat werd herinnerd gebruikt en het aantal verklarende en beschrijvende proposities in de free recall. In dit experiment werden dezelfde materialen en voor een belangrijk deel dezelfde procedures gehanteerd als in het onderzoek naar de differentiële effecten van probleemanalyse bij beginners en gevorderden.

Methode van onderzoek

47

Proefpersonen

Aan het experiment werd door 62 personen deelgenomen: 58 vrouwen en 4 mannen. Hun gemiddelde leeftijd was 18,7 jaar met een standaarddeviatie van 1,2. De proefpersonen waren eerstejaars studenten aan twee instellingen voor hoger beroepsonderwijs. Allen waren in het bezit van een HAVO-diploma. Een verdere voorwaarde voor deelname was dat proefpersonen geëxamineerd waren in het vak biologie. Homogeniteit van de proefpersonen met betrekking tot voorkennis op het terrein van de biologie was in relatie tot de vraagstellingen gewenst. De proefpersonen ontvingen een vergoeding voor hun medewerking.

Materialen

Het materiaal voor alle groepen bestond uit een tekst over osmose (zie Appendix 1), een aanvultoeft en een free recall toets. De aanvultoeft en de free recall toets waren dezelfde als die werden gebruikt in het onderzoek dat in Hoofdstuk 3 werd beschreven. De α -betrouwbaarheid (interne consistentie) van deze aanvultoeft was 0,80. Voor de afzonderlijke experimentele groepen waren daar nog probleembeschrijvingen en vragenlijsten aan toegevoegd. Het probleem bestond uit de beschrijving van het gedrag van een rode bloedcel in verschillende omstandigheden, dat ook in het in Hoofdstuk 3 beschreven experiment werd gebruikt. "Een rode

bloedcel is geplaatst in zuiver water onder een microscoop. De bloedcel zwelt snel en barst uiteindelijk. Een andere rode bloedcel wordt toegevoegd aan een oplossing van zout in water en deze schrompelt ineen". De proefpersonen kregen tot taak het beschreven gedrag van de bloedcel te verklaren in termen van een aan dit gedrag ten grondslag liggend proces, principe of mechanisme. In dit geval het osmotisch proces. Op de Havo wordt Osmose in veel gebruikte biologie handboeken op een min of meer gelijke wijze behandeld, zoals bij inspectie van vier van deze boeken bleek. Dat wil zeggen dat de teksten een vergelijkbare diepgang hadden en vergelijkbare voorbeelden presenteerden.

Een aanvultoets werd gebruikt voor het vaststellen van wat men zich herinnerde van de tekst. Met behulp van een geconstrueerde tekststructuur (zie Schmidt 1982) werden 55 vragen voor de aanvultoets gemaakt die representatief waren voor de tekststructuur. Daarnaast werd gebruik gemaakt van een free recall toets. Tenslotte werden enkele biografische gegevens verzameld zoals leeftijd, geslacht en eindcijfer biologie op de HAVO.

Procedure

De proefpersonen werden aselekt toegewezen aan één van de drie groepen van het experiment, te weten de probleemanalyse in de groep, de probleemanalyse individueel en de vraag naar voorkennis-groep. Na de randomisatieprocedure werd gecontroleerd in hoeverre de drie groepen vergelijkbaar waren voor zover het biologische voorkennis betrof. Het gemiddelde eindcijfer voor biologie en de standaarddeviatie daarvan in de drie verschillende groepen was: probleemanalyse in de groep gemiddelde 6,66 met een standaard-afwijking van 0,86; probleemanalyse individueel gemiddelde 6,58 met een standaard-afwijking van 0,69; activatie van voorkennis taak gemiddelde 6,42 met een standaardafwijking van 0,96. Deze kleine verschillen gaven geen aanleiding om een matching achteraf uit te voeren. De groep probleemanalyse in de groep van 22 personen werd aselekt opgedeeld in vier subgroepen van vijf of zes studenten. Aan elk van deze groepen werd een proefleider toegewezen. In deze groepen vond een analyse van het bloedcelprobleem plaats. Allereerst werd kort een voorbeeldprobleem besproken, waarmee het idee van probleemanalyse in de groep verhelderd werd. Dit probleem ging over koolstofassimilatie. "Als een vers takje van waterpest (een plantje) in een bekglas met water geplaatst wordt en vervolgens aan zonlicht wordt blootgesteld, komen uit de waterpest al snel gasbelletjes tevoorschijn. Wordt dit gas in een reageerbuis opgevangen, dan kan men met een gloeiende houtspaander aantonen, dat het ontwijkende gas zuurstof is. Brengt men dit bekglas met de waterpest in een donkere ruimte dan houdt de zuurstofproductie al snel op." Daarna werd in de groep het 'rode bloedcel' probleem geanalyseerd. De probleemanalyse duurde ongeveer vijftien minuten. De proefleider funktioneerde als gesprekleider (In Hoofdstuk 3 is de procedure uitgebreider beschreven).

De groep waarin het probleem op individuele wijze werd geanalyseerd volgde dezelfde procedure tot en met de bespreking van het voorbeeld probleem. Daarna werd niet in de groep over het bloedcelprobleem gediscussieerd, maar moesten de proefpersonen het probleem individueel analyseren en dit op schrift stellen. De proefpersonen hadden hiervoor vijftien minuten de tijd.

De groep die tot taak had de voorkennis te activeren verschilde van beide vorige groepen doordat de proefpersonen hier werd gevraagd alles op te schrijven wat ze wisten van Osmose en dit binnen het tijdbestek van vijftien minuten.

Vervolgens werd aan de drie groepen (probleemanalyse in de groep, probleemanalyse individueel en de groep met als taak de vraag naar voorkennis) de tekst over osmose voorgelegd ter bestudering gedurende exact vijftien minuten. Na de bestudering van de tekst werd hun gevraagd de free recall en de aanvultoeft te maken.

Analyse

Scoring: De protocollen van de free recall zijn door acht beoordelaars geanalyseerd. Van tevoren hadden zij een training gehad gericht op het scoren van free recall protocollen. Allereerst werden de door de proefpersonen geproduceerde free recall protocollen door onafhankelijke beoordelaars onderverdeeld in onderwerp-gezegde eenheden (of proposities), die een enkel idee weergeven. De overeenstemming tussen beoordelaars bij deze taak was 96 %. Vervolgens werd elke propositie op correctheid gecontroleerd. De overeenstemming tussen beoordelaars hierbij was 75%). Verschillen tussen beoordelaars werden door discussie opgelost. Verder werden de proposities gecategoriseerd als zijnde verklarend of descriptief van aard. (interbeoordelaars betrouwbaarheid 85 %). Een verklarende propositie werd gedefinieerd als een verklaring die of een proces karakteriseert, of een voorwaarde beschrijft waaronder een proces plaatsvindt. Alle andere proposities werden beschouwd als descriptief (zie voor voorbeelden van verklarende en beschrijvende proposities Hoofdstuk 3).

Voor het vaststellen van de kwantitatieve effecten van de verschillende groepen zijn bij de free recall toets herhaalde meting variantie analyses uitgevoerd met één tussen proefpersonen (conditie) factor en één binnen proefpersonen factor (het onderscheid in verklarende versus descriptieve proposities dat wordt herinnerd). Bij de aanvultoeft is voor de analyse van de data ANOVA gebruikt.

Resultaten

Free recall

De resultaten voor het aantal correct verklarende proposities en het aantal correct beschrijvende proposities staan vermeld in Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Gemiddeld aantal correct verklarende en correct beschrijvende proposities voor de drie verschillende groepen.

	gem	sd	n
Activatie voorkennis taak	32,2	12,9	20
Verklarend	18,7	9,2	
Beschrijvend	13,5	9,3	
Probleemanalyse individueel	39,8	20,0	20
Verklarend	25,8	16,4	
Beschrijvend	14,0	7,5	
Probleemanalyse groep	43,2	10,8	22
Verklarend	26,4	8,4	
Beschrijvend	16,8	6,6	

De herhaalde meting variantie analyse van de free recall gaf de volgende resultaten: Een marginaal verschil werd gevonden tussen de groepen probleemanalyse in de groep, de individuele probleemanalyse en de individuele activatie van voorkennis-taak wat betreft de totaal aantal correct herinnerde proposities, $F(1, 59) = 2,93$, $MS_e = 112,39$, $p = 0,061$. Hoewel de trend overeenkomt met de veronderstelde toename aan correct herinnerde proposities op basis van de elaboratie hypothese zijn de verschillen klein en valt verder vooral de grote standaarddeviatie bij de groep probleemanalyse individueel op (zie Tabel 4.1). Blijkbaar stimuleert probleemanalyse individueel bij een bepaald aantal studenten sterk de elaboratie, maar dit is bij een aantal studenten juist ook niet het geval.

Uit de analyses blijkt verder dat significant meer verklarende proposities dan descriptieve proposities van de tekst werden herinnerd, $F(1, 59) = 27,11$, $MS_e = 89,03$, $p < 0,001$. Er is geen significante interactie tussen treatment en type propositie, $F(1, 59) = 1,26$, $MS_e = 89,03$, $p = 0,29$.

Er werd verondersteld dat de toename in elaboratie en daardoor organisatie en bewustwording van de kennis in de verschillende groepen in dit onderzoek zal leiden tot een ander patroon in de recall vooral wat betreft de vergelijking tussen de groep activatie van voorkennistaak met de twee andere groepen te weten probleemanalyse individueel en probleemanalyse in de groep. Verondersteld werd dat het aantal verklarende proposities in de recall meer zou toenemen in vergelijking tot de beschrijvende proposities in de recall. Uit Tabel 4.1 blijkt inderdaad dat de groepen probleemanalyse individueel en probleemanalyse in de groep in vergelijking tot de groep activatie van voorkennistaak relatief meer verklarende proposities herinneren dan beschrijvende proposities. Er is echter geen interactie-effect tussen treatment en type propositie. Uit Tabel 4.1 blijkt dat de groep probleemanalyse vooral

Tabel 4.2. Gemiddelden en standaarddeviaties van het aantal correct beantwoorde items uit de aanvultoeets.

groepen	gem	sd	n
Vraag naar voorkennis taak	33,05	4,65	20
Individuele Probleemanalyse	34,95	6,22	20
Probleemanalyse in de groep	37,23	4,37	22

een grote standaarddeviatie laat zien bij verklarende proposities en niet bij descriptieve proposities.

Aanvultoeets

In Tabel 4.2 zijn voor de drie groepen de gemiddelde aantallen goed beantwoorde items uit de aanvultoeets weergegeven met daarbij de standaarddeviaties.

De variantie analyse gaf de volgende resultaten: Er werd een significant verschil gevonden tussen de groepen probleemanalyse in de groep, individuele probleemanalyse en de activatie van voorkennistaak wat betreft de totaal aantal correct herinnerde items uit de aanvultoeets $F(1, 59) = 3,51$, $MS_e = 26,23$, $p < 0,05$. De lineaire component in het effect blijkt significant te zijn $F(1, 59) = 4,71$, $MS_e = 26,23$, $p < 0,05$, terwijl er geen sprake is van significante afwijkingen van lineariteit $F(1, 59) = 2,30$, $MS_e = 26,23$, $p = 0,13$. De veronderstelling was dat de mate van elaboratie zou toenemen in respectievelijk de groepen vraag naar voorkennistaak, de individuele probleemanalyse en de probleemanalyse in de groep en dat daardoor er een grotere organisatie en bewustwording van de kennis zou ontstaan waardoor deze kennis meer toegankelijk en bruikbaar zou zijn. Met andere woorden meer elaboratie zou tot het zich beter herinneren van de informatie uit de tekst leiden. De resultaten bevestigen deze hypothese.

Post hoc analyses (Tukey) laten een significant verschil zien tussen de gemiddelden van de groepen activatie van voorkennis en probleemanalyse in de groep ($t(59) = 1,52$, $p < 0,05$). De verschillen tussen de groepen probleemanalyse individueel en probleemanalyse in de groep zijn klein en niet significant ($t(59) = 1,58$, $p = 0,33$). Ook de verschillen tussen de gemiddelden van de groepen vraag naar voorkennis taak en de individuele probleemanalyse zijn niet significant ($t(59) = 1,62$, $p = 0,47$). Evenals bij de free recall is er ook bij de aanvultoeets een relatief grotere standaarddeviatie bij de groep probleemanalyse individueel in vergelijking tot de twee andere groepen.

Discussie

Het doel van deze studie was na te gaan wat de differentiële effecten zijn van probleemanalyse in een groep versus probleemanalyse individueel en een activatie van voorkennistaak. Kenmerkend verschil tussen probleemanalyse in de groep en de individuele vormen van elaboratie is interactie. Uit de onderzoeksliteratuur is duidelijk geworden dat interactie positieve, maar ook negatieve effecten kan hebben op leerresultaten. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat interactie in de groep (door middel van probleemanalyse in de groep) in vergelijking tot geen interactie een positief effect heeft op het leren en onthouden van een tekst die relevant is voor het probleem. In sterkere mate dan de free recall blijkt dit uit de resultaten van de aanvultoets. Hoewel de gevonden verschillen tussen de drie groepen klein zijn is de trend duidelijk en consistent voor wat betreft de free recall en de aanvultoets. Er is bijvoorbeeld een lineair verband tussen de veronderstelde toename in elaboratie activiteiten tijdens de verschillende groepen in dit onderzoek en het totaal aantal correct herinnerde proposities in de aanvultoets. Deze resultaten bevestigen de positieve resultaten uit de onderzoeksliteratuur wat betreft de effecten van bepaalde typen interacties in de groep op de leerprestaties van lerenden (Webb & Sullivan-Palincsar, 1996; Pressley et. al., 1992). De theorievorming uit het brainstorm onderzoek over de mogelijk negatieve effecten van interactie tijdens het genereren van ideeën (Diehl & Stroebe, 1987; McMullen & Johnson, 1991; Stroebe & Diehl, 1994) bieden echter een mogelijke interpretatie voor de kleine verschillen tussen groeps- en individuele probleemanalyse. Wat betreft het patroon van de recall, deze kwam overeen met de verwachting, al waren de verschillen te klein om significant te zijn.

Hoe zijn deze resultaten nu te interpreteren vanuit de verschillende hypothesen voor de effecten van probleemanalyse, zoals deze in Hoofdstuk 2 beschreven zijn? Ook bij dit onderzoek kunnen, evenals in het onderzoek waarover gerapporteerd is in Hoofdstuk 3, de motivatie hypothese, de selectieve-aandacht hypothese en de elaboratie hypothese gebruikt worden voor de verklaring van de gevonden resultaten. De eerste mogelijke verklaring kan de motivatie van studenten betreffen. De veronderstelling is dat interactie tot een grotere bewustwording van leemtes in de voorkennis kan leiden. Dit zou kunnen betekenen dat in de groep waar probleemanalyse in groepsverband werd uitgevoerd in vergelijking tot de groepen individuele probleemanalyse en de activatie van voorkennistaak een sterkere motivatie aanwezig zou zijn en daardoor zullen ze meer leren en onthouden van de studietekst. De resultaten van dit onderzoek kunnen de mogelijkheid van deze verklaring ondersteunen want de groep probleemanalyse in de groep heeft in vergelijking tot de twee andere groepen meer onthouden van de studietekst. De motivatie hypothese maakt echter niet duidelijk waarom in het bijzonder verklarende informatie beter herinnerd wordt.

Een andere verklaring van de resultaten is mogelijk op basis van selectieve aandacht. In deze theorie wordt gesteld dat vooral taakvariabelen van invloed zijn op de aandacht die men besteedt aan verschillende onderdelen van de te bestuderen studietekst. De grotere aandacht voor deze onderdelen zou leiden tot het beter herinneren van deze informatie. Deze hypothese kan dus verklaren waarom de groepen waarin het probleem geanalyseerd wordt de verklarende informatie uit de studietekst beter onthouden dan de groep activatie van voorkennistaak. In deze laatste groep kan zowel aandacht besteed worden aan verklaringen als beschrijvingen. Deze hypothese kan echter niet verklaren waarom het herinneren van de beschrijvende informatie niet slechter was in de groepen die probleemanalyse gebruikten in vergelijking tot de groep activatie van voorkennis op basis van minder aandacht geven aan die elementen van de tekst.

De derde mogelijke verklaring voor de gevonden resultaten is de elaboratie hypothese. Deze hypothese gaat uit van het idee dat door elaboratie (door middel van het zelf genereren van verklaringen en mentale modellen) er een betere organisatie en bewustwording van die kennis tot stand komt en daardoor een betere toegankelijkheid en bruikbaarheid van deze kennis. Deze hypothese verklaart zowel de grotere effecten voor de groep waarin probleemanalyse groepsgewijs plaatsvindt als de (lineaire) toename in de geheugenprestatie bij de drie opeenvolgende groepen in dit onderzoek, respectievelijk activatie van voorkennistaak, individuele probleemanalyse en probleemanalyse in de groep. Tevens verklaart deze elaboratie hypothese het patroon in de recall, dat er namelijk relatief meer verklarende proposities dan beschrijvende proposities worden herinnerd.

In dit onderzoek stond de rol van interactie voor het leerproces van studenten centraal. Probleemanalyse als manier van werken was voor deze studenten nieuw. Uit onderzoek blijkt dat slechts bepaalde vormen van interactie positieve effecten hebben op leerprestaties. Een beperking van dit onderzoek was dat de proefpersonen niet getraind waren in probleemgestuurd leren en daarmee ook niet getraind en geoefend in het realiseren van een effectieve interactie binnen de context van probleemgestuurd leren. Dit kan mogelijk van invloed zijn geweest op de resultaten verkregen in dit onderzoek.

Hoofdstuk 5

Effecten van probleemanalyse in een kleine groep op het leren van een tekst bij eerstejaars medische studenten¹

¹ Een Engelse vertaling van dit hoofdstuk is ter publicatie aangeboden (De Grave, W.S., Schmidt, H.G., & Boshuizen, H.P.A.)

Inleiding

Probleemanalyse in de groep, zoals in Hoofdstuk 1 beschreven, is een onderwijsprocedure die erop gericht is om de interactie te vergroten tussen de reeds aanwezige kennis en de nieuwe nog te leren informatie. De veronderstelling is dat deze procedure de integratie van de nieuwe informatie in het reeds aanwezige kennisbestand bevordert. In Hoofdstuk 3 en 4 zijn experimenten beschreven waarin verschillende effecten gevonden werden die deze veronderstelling ondersteunen. Probleemgestuurd onderwijs was echter voor de betrokken proefpersonen in de eerste twee experimenten een betrekkelijk nieuwe, hen onbekende, onderwijsmethode. Ook waren deze proefpersonen niet getraind in het doen van een probleemanalyse. De studie die in dit Hoofdstuk wordt beschreven richt zich op de vraag of deze effecten ook gevonden zouden kunnen worden in een meer natuurlijke context, een context met een grotere ecologische validiteit. Het belang van deze ecologische validiteit wordt door Webb (1996, p 867) als volgt geformuleerd: "Small group learning cannot be examined independently of the curriculum, the culture of the classroom, assessment practices and the instructional climate of the classroom". Een dergelijke context wordt verschaft door het curriculum van de studie geneeskunde aan de Universiteit Maastricht, dat gebaseerd is op probleemgestuurd leren.

56

Kenmerken van het probleem als startpunt voor het leerproces in de kleine groep is in de theorie over probleemgestuurd leren een belangrijke variabele (Schmidt, 1994; Schmidt & Moust, 1995). De experimenten die beschreven zijn in Hoofdstuk 3 en 4 maakten gebruik van een relatief eenvoudig probleem als startpunt voor de probleemanalyse. Het bloedcelprobleem is bijvoorbeeld een kwalitatief geherformuleerd voorbeeld uit leerboeken voor de biologie in het voortgezet onderwijs. In de studie geneeskunde aan de Universiteit Maastricht wordt gebruik gemaakt van complexere problemen als uitgangspunt voor probleemgestuurd leren. De complexiteit zit vooral in het gegeven dat het probleem multidisciplinair van aard is. Het probleem is zo geformuleerd dat bij het oplossen van het probleem kennis verondersteld wordt uit meerdere disciplines. Was bij het bloedcelprobleem de probleemstelling relatief eenduidig (verklaar het zwellen, ineenschrompen van de bloedcel) bij de problemen die aan studenten gepresenteerd worden in de studie geneeskunde in Maastricht is dat complexer, dat wil zeggen men moet zelf de probleemstellingen genereren. Verder is er in de studie geneeskunde veelal sprake van een reëel probleem en niet een probleem gebaseerd op een laboratoriumonderzoek, zoals het bloedcelprobleem. Een reëel omschreven probleem kan zelfs zo reëel zijn dat de student er zelf ervaring ermee heeft of dat het is ervaren in de directe omgeving. Het probleem is verder reëel, in die zin dat het voorkomt in het curriculum van een studie geneeskunde dat gebaseerd is op probleemgestuurd

leren. Het is zo geformuleerd dat het afgestemd is op de voorkennis van de studenten in die fase van de studie.

In de experimenten uit Hoofdstuk 3 en 4 werd gebruik gemaakt van proefpersonen die onervaren waren met de methode van probleemgestuurd leren. Uit een overzicht van onderzoek naar coöperatief leren (Webb, 1996) blijkt dat studenten die getraind zijn in coöperatief leren betere interactie in de groep en ook een grotere leerwinst laten zien. Deze training was òf gericht op een verbetering van de samenwerking in de groep òf op een verbetering van de leervaardigheden zoals effectief uitleggen aan elkaar en effectief vragen aan elkaar. Sommige trainingsprogramma's waren op beide aspecten gericht. Het onderzoek van Bielaczyc, Pirolli en Brown (1995) illustreert het belang van training van studievaardigheden zoals het zelf verklaringen genereren en zelfregulatiestrategieën voor het leren oplossen van problemen. Zij onderzochten de invloed van deze training op het gebruik van verklaringen door studenten en het effect ervan op een test voor probleemoplossen. Vierentwintig studenten die geen ervaring in programmeren hadden volgden een serie programmeerlessen. Na enkele introductielessen kwamen de deelnemers aan het onderzoek in twee groepen terecht. De ene groep kreeg wel en de andere groep geen training in de eerder genoemde studievaardigheden. De groep die instructie had ontvingen vertoonde significant grotere leerwinst in het gebruik van het zelf genereren van verklaringen en strategieën voor zelfregulatie. Dit toegenomen gebruik van dergelijke studiestrategieën werd vergezeld door een betere prestatie op de test voor probleemoplossen. King (1992; 1994) onderzocht of studenten die getraind waren in vragen stellen voor gebruik in groepsverband betere leerprestaties hadden dan ongetrainde studenten. Uit de onderzoeksresultaten bleek dat de groep die vooraf training kreeg in het stellen van vragen betere leerprestaties behaalde dan de groep die geen training kreeg. Uit het onderzoek naar brainstormen in de groep blijkt dat training in brainstormen positieve of gemengde effecten heeft (Lamm & Trommsdorf, 1973; Mullen & Johnson, 1991). Naast expliciete training in groeps- en studievaardigheden moet genoemd worden de tijd die studenten hebben om te oefenen in groepen. In de studie in Maastricht hebben de studenten niet alleen training gehad maar hebben ook gedurende lange tijd kunnen oefenen met probleemanalyse. Training en oefening in probleemanalyse wordt verondersteld een positief effect te hebben op de kwaliteit van de interactie in de groep en daarmee mogelijk op de mate van elaboratie (zie het model van Webb (1996) voor de relatie tussen inputvariabelen en procesvariabelen).

Een andere variabele die verwacht mag worden van invloed te zijn op de probleemanalyse is de hoeveelheid tijd die aan deze activiteit wordt besteed. In de experimenten die beschreven zijn in Hoofdstuk 3 en Hoofdstuk 4 werd slechts kort tijd besteed aan de probleemanalyse, ongeveer 15 minuten. Deze fase kost in een onderwijsgroep in een bestaand curriculum van de medische studie duidelijk meer tijd, zeker 30 á 40 minuten, waarna men begint met het formuleren van de leer-

doelen. Hoewel er een relatie kan zijn tussen de complexiteit van het te verklaren probleem en de tijd die nodig is voor de probleemanalyse, lijkt de tijdsvariabele van belang gezien de mogelijke invloed ervan op de cognitieve processen die plaatsvinden in de groep.

Doel van de studie die hier wordt beschreven is na te gaan of de effecten van probleemanalyse in de onderwijsgroep op het leren van studenten ook bij een meer ecologisch valide leeromgeving waar te nemen zijn. De hypothese is dat ook hier probleemanalyse in de groep leidt tot beter leren en onthouden van de studietekst en tot een ander patroon van recall. Probleemanalyse wordt verondersteld van invloed te zijn op de integratie van de nieuwe informatie in het oude kennisbestand. Doordat probleemanalyse leidt tot elaboratie zal er een betere organisatie en bewustwording van de kennis zijn (Prawat, 1989). Een belangrijk kenmerk van geïntegreerde kennis is de organisatie van die kennis. Deze beter georganiseerde kennis zal beter toegankelijk en bruikbaar zijn en zal daardoor tot een betere recall leiden van de bestudeerde tekst.

Volgens Mayer (1989a) zal probleemanalyse daarnaast vooral leiden tot een verbeterde recall van de meer belangrijke informatie in de tekst. De veronderstelling hierbij is dat probleemanalyse de studenten helpt de aandacht te richten op de verklarende informatie in de tekst. Het *aantal verklarende proposities* dat wordt herinnerd is daarbij een indicator voor de integratie van de nieuwe informatie in het bestaande kennisbestand. Volgens Mayer is het aantal verklarende proposities in free recall een gevoelige maat voor de diepte van integratie van leerstof in bestaande kennisstructuren.

Een andere hypothese is dat de probleemanalyse de recall van letterlijke informatie uit de tekst zal verminderen (Mayer 1989a). De veronderstelling die hieraan ten grondslag ligt, is dat probleemanalyse studenten helpt de leerstof te reorganiseren zodat deze past bij hun conceptueel model; wanneer studenten actief het materiaal reorganiseren, neigen ze ertoe de letterlijke informatie te vergeten en dit leidt tot een toename van het aantal inferenties in de recall. Een andere maat voor het vaststellen van de mate van integratie van de nieuwe informatie met de bestaande kennis is dus *het aantal inferenties* in de recall. Wanneer men een tekst bestudeert gaat men meestal verder dan de informatie in de tekst zelf om deze te kunnen begrijpen en te herinneren. Interacties tussen voorkennis en de tekst komen vooral voor bij het maken van inferenties. Het maken van inferenties maakt het constructieve karakter van het bestuderen van een tekst duidelijk. Probleemanalyse in de groep wordt verondersteld het maken van inferenties tijdens het bestuderen van een tekst te bevorderen. Dit leidt tot het niet meer duidelijk kunnen onderscheiden van wat voorkennis is en wat in de tekst stond. Daardoor zullen er meer inferenties in de recall zijn.

In het hier te rapporteren experiment werden de effecten van probleemanalyse op het leren van een daaropvolgende studietekst onderzocht. De proefpersonen ana-

lyseerden een relevant probleem of een controleprobleem voorafgaande aan het bestuderen van een tekst om de mogelijke effecten van probleemanalyse in een feitelijke onderwijscontext te onderzoeken. Proefpersonen die aan dit experiment deelnamen hadden al meer dan drie maanden ervaring met probleemgestuurd onderwijs. De belangrijkste afhankelijke variabelen in de te rapporteren analyses waren het aantal correcte proposities, het aantal verklarende en beschrijvende proposities, en het aantal inferenties in de free recall. Dit experiment betreft de vraag of probleemanalyse voorafgaande aan het verwerken van een relevante tekst het begrijpen van informatie uit die tekst vergemakkelijkt.

Methode

Proefpersonen

Proefpersonen waren 48 eerstejaars medische studenten (21 mannen en 27 vrouwen) die ruim drie maanden geneeskunde studeerden aan de Universiteit van Maastricht. Zij kwamen direct van het VWO en hadden allen biologie en natuurkunde in hun vakkenpakket. Deze medische studenten functioneerden in een curriculum dat is gebaseerd op probleemgestuurd leren. In het eerste onderwijsblok van de studie geneeskunde, dat zes weken duurt, hadden zij een uitgebreide introductie gehad in de methode van werken in de onderwijsgroepen. In de daaropvolgende blokken werd ook nog expliciet aandacht besteed aan de methode van werken. De studenten leerden dus vanaf het eerste moment in de studie hoe zij probleemgestuurd leren in de onderwijsgroep op een optimale wijze moeten uitvoeren.

De studenten hadden op het VWO basale voorkennis opgedaan omtrent de bloedcirculatie. Zij hadden in de eerste drie onderwijsblokken relevante voorkennis opgedaan die noodzakelijk is voor het leren van dit nieuwe onderwerp. Deze kennis betreft vooral kennis over het zenuwstelsel in het derde onderwijsblok. De proefpersonen werden at random toegewezen aan de condities van het experiment, waardoor negen groepen werden gecreëerd: vijf experimentele groepen en vier controlegroepen.

Materialen

De materialen bestonden uit twee probleembeschrijvingen, een leertekst en een free recall toets. De probleembeschrijving voor de experimentele groep bestond uit een probleem dat feitelijk in het onderwijs wordt gebruikt, namelijk het tweede probleem uit het vijfde onderwijsblok van het eerste studiejaar. Dit blok heeft als titel: "Ontregeling Geregeld". Het probleem behoort bij het eerste subthema (bloedcirculatie) van dit blok. De tekst van het probleem luidt als volgt:

Een stekelig voorval

Dhr. Laeven heeft een hobby die de meesten van ons op zijn zachts gezegd nogal eng vinden. Hij heeft achter in z'n tuin een aantal bijenkorven. Elke ochtend gaat hij eerst even bij zijn bijen op bezoek. Achter in de tuin aangekomen, struikelt hij en valt tegen de korf aan. De rest laat zich raden. Hij kan nog snel terug het huis ingaan en zijn vrouw waarschuwen. Deze belt de huisarts.

Dhr. Laeven heeft hevige pijn aan de steekwonden en na een minuut of vijf begint hij zich flauw te voelen. Hij wordt duizelig. Het zweet breekt hem uit en hij wordt misselijk. De huisarts is een kwartier later aanwezig.

Hij ziet een man met een normaal bewustzijn. Zijn ademhaling is regelmatig. De huisarts telt een polsfrequentie van 88 slagen per minuut en meet de bloeddruk: 120/80 mmHG. Hij besluit 5 minuten af te wachten en meet dan een polsfrequentie van 104 slagen per minuut. De bloeddruk is dan 115/80 mmHg. Weer 5 minuten later is de pols 120 slagen per minuut en de bloeddruk 85/55 mmHg. De acra (uitstekende ledematen) voelen warm aan. De huisarts spuit intraveneus adrenaline.

De probleembeschrijving voor de controlegroep was een taak uit het eerste blok van het tweede jaar, die gericht was op het opdoen van basale kennis over bewustzijn, zintuigen en emoties. Het probleem was zo gekozen dat dit niet gerelateerd was aan het onderwerp van het stekelig voorval probleem, namelijk bloeddrukregulatie, maar wel in gelijke mate aansloot bij de voorkennis van studenten. De tekst van het probleem luidt als volgt:

Een blik te ver

Jan Willem Prins, 4 jaar oud, heeft onlangs een flinke griep gehad. Zijn moeder was het opgefallen dat hij sinds die griep was gaan loensen. Zij had een afspraak gemaakt bij de huisarts. De huisarts vroeg haar Jan Willem op schoot te nemen en zijn linkeroog met haar linkerhand af te dekken. Op een afstand van 4 meter wijst de huisarts plaatjes aan op een kaart. Jan Willem kan alle plaatjes benoemen. Na het afdekken van het rechteroog kan Jan Willem alleen de kleinste plaatjes niet benoemen. Daarna krijgt Jan Willem een bril op met een rood glas voor het rechteroog en een groen glas voor het linkeroog. Met stereogrammen test de huisarts het dieptezien. Jan Willem kan geen van de figuren herkennen: zijn dieptezien is ernstig gestoord. Tenslotte doet de huisarts een afdektest. Telkens als hij het linkeroog van Jan Willem afdekt, blijkt het rechteroog naar buiten bewegen. Als hij het rechteroog afdekt, blijft het linkeroog in dezelfde positie. Het valt de huisarts op dat de moeder een bril op heeft met glazen die haar ogen sterk vergroten. Hij vraagt of het scheelzien in de familie voorkomt. Zij bevestigt dit en vertelt dat zij vroeger een lui oog heeft gehad, waarvoor zij met een bril en afplakken van het linkeroog is behandeld.

61

De in dit experiment gebruikte leertekst beschrijft het proces van bloeddrukregulatie (zie Appendix 2). De tekst heeft een basale structuur van: 1. inleiding, waarin opgenomen de belangrijkste factoren van invloed op bloeddrukregulatie; 2. druk en stroming in het vaatstelsel; hemodynamica; 3. drukverval in het vaatstelsel; drie compartimenten; 4. regeling van de hartprestatie; 5. korte termijn regulatie van de bloeddruk en 6. shock. De studietekst is samengesteld uit gedeelten van verschillende handboeken. De tekst is voornamelijk een selectie van gedeeltes (2, 3, 4 en 5) uit een bekend handboek voor de fysiologie (Bernards & Bouwman, 1988). Naar dit handboek wordt ook in het blok, waar het bijensteek probleem vandaan komt, verwezen en het wordt ook veel gebruikt door studenten. Voor de inleiding (1) is gebruik gemaakt van een gedeelte uit een goed Engelstalig handboek voor fysiologie van hart en vaatstelsel (Berne & Levy, 1992). Voor het gedeelte over shock (6) is gebruik gemaakt van een gedeelte uit Handbook of Physiology (Guyton, 1991). De opbouw van de tekst lijkt erg op die van andere teksten in de handboeken. In totaal was deze tekst tien pagina's lang. De tekst bestond uit in totaal 347 proposities en 2556 woorden.

De free recall toets bestond uit drie witte pagina's en een voorpagina met de volgende instructie: "schrijf alles op wat je herinnert van de tekst over bloeddrukregulatie."

Procedure

De proefpersonen werden aselekt toegewezen aan één van de twee groepen van het experiment, te weten de experimentele groep waarin een relevant probleem werd geanalyseerd ($n=27$) en de controlegroep ($n=21$). Na de randomisatie-procedure werd gecontroleerd in hoeverre de twee groepen vergelijkbaar waren voor zover het de biologische en natuurkundige voorkennis betrof. Het gemiddelde eindcijfer voor biologie in de experimentele groep was gelijk aan 7,11 met een standaarddeviatie van 0,75. De controlegroep had een gemiddeld eindcijfer van 7,00 met een standaardafwijking van 0,77. Het gemiddelde eindcijfer voor natuurkunde voor de experimentele groep was 6,70 met een standaardafwijking van 0,91. De controlegroep had een gemiddeld eindcijfer van 6,74 en een standaardafwijking van 0,93. Deze kleine verschillen gaven geen aanleiding om een matching achteraf uit te voeren.

De experimentele groep van 27 personen werd aselekt opgedeeld in vijf subgroepen van drie keer vijf en twee keer zes studenten. De controlegroep van 21 personen werd aselekt opgedeeld in vier subgroepen van twee keer vijf en twee keer zes studenten. Aan elk van deze groepen werd een proefleider toegewezen.

Het moment waarop het experiment werd uitgevoerd, viel samen met het laatste gedeelte van het derde onderwijsblok; op een moment dus dat de studenten relevante voorkennis hadden opgedaan. In de periode tot aan Blok 5 kwamen geen onderwerpen aan de orde die direct te maken hadden met het onderwerp bloed-drukregulatie. Het experiment vond plaats in ruimtes waar men normaal gesproken ook bijeenkomsten van onderwijsgroepen had. Van in totaal negen ruimtes is gebruik gemaakt. In deze ruimtes hadden de groepen de beschikking over bord en flap-over. Het experiment vond plaats op een ochtend waarop studenten verder geen geplande onderwijsactiviteiten hadden.

In de experimentele groep werd het "Stekelig voorval" probleem geanalyseerd. In de controle groep werd het probleem "Een blik te ver" geanalyseerd. Verder voerden de proefpersonen onder de twee condities dezelfde activiteiten uit.

Als proefleider en gesprekleider fungeerden vierdejaars medische studenten, die in het verleden ooit hetzelfde probleem geanalyseerd hadden. Deze studenten hadden ruim drie jaar ervaring met de uitvoering van de rol van gesprekleider. In iedere groep legde de proefleider aan de proefpersonen uit wat er van hen werd verwacht. Bij het presenteren van het probleem werd kort zijn context aangeduid. Bij het stekelig voorval probleem werd aangegeven dat het paste bij het onderwerp circulatie. Bij het "een blik te ver" probleem werd aangegeven dat het onderdeel van een blok over bewustzijn, zintuigen en emoties was. Na het lezen van het probleem begonnen de studenten eerst kort het probleem te definiëren (5 minuten) en daarna werd er gedurende 30 minuten gebrainstormd. De experimentele proefpersonen analyseerden het "stekelig voorval" probleem, terwijl de controle groepen het "Een blik te ver" probleem analyseerden. De proefleider trad op als gesprekleider

en gaf regelmatig samenvattingen van de verschillende opvattingen. Verder stimuleerde hij/zij de groep tot het produceren van verklaringen en het notuleren van deze geproduceerde verklaringen op flap-over en/of bord. De gesprekleider had vooraf instructies gehad hoe in deze te handelen. Hij of zij had daarnaast de opdracht gekregen geen aanwijzingen te geven waaruit de groep zou kunnen afleiden wat juist of onjuist was; en of de gegeven verklaringen belangrijk of minder belangrijk waren. Doordat de discussie op de band werd opgenomen, kon er geverifieerd worden of er door de proefleider geen informatie werd gegeven waaruit proefpersonen konden afleiden welke onderliggende fysiologische mechanismen bij beide problemen van belang waren.

Na de probleemanalyse werd aan de proefpersonen uit beide condities de studietekst over bloeddrukregulatie gegeven. In de experimentele groepen werden vooraf de flap-overs met de neerslag van de probleemanalyse verwijderd. De tijd beschikbaar voor het bestuderen van deze tekst was 30 minuten. Het was toegestaan aantekeningen te maken in de tekst. Na 30 minuten werd de studietekst ingenomen. Daaropvolgend werd de free recall toets over bloeddrukregulatie aangeboden aan zowel de experimentele als de controle groep. Er was geen tijdslimiet gesteld aan de beantwoording van de free recall toets.

Analyse

Allereerst werden de door de proefpersonen geproduceerde free recall protocollen door twee onafhankelijke beoordelaars onderverdeeld in onderwerp-gezegde eenheden (of proposities), die elk een enkel idee weergeven (zie voor een gedetailleerde bespreking van deze analysemethode Hoofdstuk 3). De overeenstemming tussen deze beoordelaars voor deze taak was 96 %.

De 47 protocollen werden verdeeld over twee beoordelaars die de geproduceerde proposities vervolgens beoordeelden op correctheid. Daarna werden van alle 47 protocollen de proposities opnieuw beoordeeld door twee andere beoordelaars. De overeenstemming tussen de eerste en de tweede beoordeling was 87%.

Daarop werden de proposities door twee beoordelaars gecategoriseerd als zijnde verklarend of descriptief van aard (een gedetailleerde bespreking van deze analysemethode is weer te vinden in Hoofdstuk 3). Meningsverschillen tussen beoordelaars werden opgelost door discussie. Door een onafhankelijk beoordelaar is een steekproef van vijftien protocollen beoordeeld wat betreft het onderscheid in verklarende en descriptieve proposities. De overeenstemming tussen de eerste en de tweede beoordeling voor deze categorisering van proposities was 86%.

De proposities werden ook gematched met de oorspronkelijke tekst. Er werd bepaald of de propositie een letterlijke weergave of parafrase was van de tekst of dat het een inferentie betrof. Dat wil zeggen informatie in de protocollen die uitstijgt boven de informatie in de studietekst. Op basis van matching van de protocollen

Tabel 5.1. Gemiddelden en standaarddeviaties voor het aantal correct verklarende en correct beschrijvende proposities.

	gem	sd	n
Stekelig voorval probleem	50,1	9,7	27
Verklarende proposities	25,0	6,1	
Beschrijvende proposities	25,1	6,9	
Controle probleem	40,5	11,8	21
Verklarende proposities	20,1	7,3	
Beschrijvende proposities	20,3	5,6	

met de studietekst werd het aantal geproduceerde inferenties bepaald. Verschillen tussen beoordelaars werden opgelost door middel van discussie. Door een onafhankelijke beoordelaar is een steekproef van vijftien protocollen beoordeeld wat betreft deze matching van de protocollen met de studietekst. De overeenstemming tussen de eerste en de tweede beoordeling van proposities was 83%.

Resultaten

Free recall

De resultaten voor het aantal correct verklarende proposities en het aantal correct beschrijvende proposities staan vermeld in Tabel 5.1.

De variantie analyse van de free recall gaf de volgende resultaten: Een significant verschil werd gevonden tussen de groepen stekelig voorval probleem en controleprobleem wat betreft de totaal aantal correct herinnerde proposities, $F(1, 46) = 9,68$, $MS_e = 56,53$, $p < 0,01$. De groep waarin het stekelig voorval werd geanalyseerd produceert dus significant meer correcte proposities dan de controle groep. Hiermee wordt de hypothese ondersteund dat probleemanalyse voorafgaande aan de te leren studietekst, ook in een ecologisch valide onderzoek, leidt tot het beter onthouden van informatie uit die tekst. Uit de analyses blijkt verder dat er niet significant meer verklarende proposities dan descriptieve proposities van de tekst werden herinnerd, $F(1, 46) = 0,03$, $MS_e = 29,28$, $p = 0,86$. Ook is er geen significante interactie tussen type geanalyseerd probleem en type propositie, $F(1, 46) = 0,001$, $MS_e = 29,28$, $p = 0,98$. De hypothese was dat de groep met het stekelig voorval probleem in vergelijking tot de controlegroep een groter aantal verklarende dan beschrijvende proposities in de recall zou laten zien door de integratie van de voorkennis met de nieuw te leren informatie. Deze hypothese wordt door de onderzoeksresultaten niet bevestigd. Het gemiddeld aantal correcte verklarende proposities geproduceerd door de experimentele groep verschilt wel significant van het gemiddeld aantal correcte verklarende proposities geproduceerd door de

Tabel 5.2. Gemiddelden en standaarddeviaties voor aantal geproduceerde inferenties.

	gem	sd	n
Stekelig voorval probleem	9.56	6.19	27
Controle probleem	11.19	5.45	21

controle groep $F(1,46) = 6,24$, $MS_e = 44,44$, $p < 0,05$). Maar de veronderstelling dat het aantal beschrijvende proposities in de recall van de stekelig voorval groep in vergelijking tot de controle groep ongeveer gelijk zou blijven moet op basis van de onderzoeksresultaten verworpen worden. Het aantal beschrijvende proposities in de recall van de stekelig voorval groep is significant hoger dan van de controle groep $F(1, 46) = 6,54$, $MS_e = 41,53$, $p = <0,05$). Blijkbaar leidt probleemanalyse in de experimentele groep in vergelijking tot de controle groep tot beter onthouden van beschrijvende en verklarende informatie in de tekst.

Verwacht werd ook dat het aantal inferenties in de recall zou toenemen onder invloed van elaboratie op basis van het probleem. Het aantal inferenties in de recall is namelijk een indicatie voor de mate van integratie van voorkennis met de nieuw geleerde kennis. Variantie analyse toonde echter geen significante verschillen aan tussen de twee groepen wat betreft het aantal inferenties in de recall $F(1, 46) = 0,914$, $MS_e = 34,56$, $p = 0,34$). De gemiddelden en standaarddeviaties staan vermeld in Tabel 5.2.

Blijkbaar leidt probleemanalyse niet tot een groter aantal inferenties in de recall direct na bestudering van de informatie in de studietekst.

Discussie

Het experiment dat in dit Hoofdstuk wordt beschreven werd ontworpen om na te gaan of de gevonden effecten uit experimenten in Hoofdstuk 3 en 4 ook in een meer natuurlijke onderwijssituatie te vinden zijn. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat probleemanalyse in een kleine groep, voorafgaande aan de bestudering van een relevante studietekst, het leren van deze tekst vergemakkelijkt en dat dus ook in een ecologisch valide leeromgeving deze effecten te vinden zijn. De resultaten van deze studie komen overeen met de effecten die Schmidt (1982) heeft gevonden en met de resultaten van de experimenten uit Hoofdstuk 3 en 4. Dit is consistent met de elaboratie hypothese die veronderstelt dat probleemanalyse leidt tot een betere integratie van de nieuwe informatie in de bestaande kennis en daarmee tot een betere toegankelijkheid van deze kennis. Dit zou verklaren waarom meer informatie van de tekst wordt herinnerd. Het patroon van de recall is echter anders dan werd verwacht. Er was geen interactie-effect tussen treatment en type

proposities. Dit komt overeen met wat Schmidt (1982) constateerde, namelijk dat probleemanalyse een algemeen faciliterend effect heeft.

Ook het ontbreken van verschillen tussen experimentele en controle groep wat betreft het aantal inferenties is intrigerend. Van den Broek, Fletcher en Risden (1993) geven, op basis van een model voor onderzoek naar het ontstaan van inferenties, een aantal verklaringen voor het wel of niet plaatsvinden van inferenties in de recall. Zo concluderen zij dat de lengte van een studietekst, de tijdsduur voor bestudering van de studietekst, de kenmerken van de criteriumtoets, de aard van de taak en het tijdstip waarop getoetst wordt de mate van inferentiële processen kan beïnvloeden. In dit geval lijkt vooral de "inferential-reconstruction hypotheese" een rol te spelen. Deze hypothese impliceert dat relevante voorkennis reconstructie van de te herinneren informatie vergemakkelijkt, doordat inferenties worden gegenereerd. Daarbij is gebleken dat hoe langer de periode is tussen het leren van een tekst en het zich herinneren daarvan, des te sterker de invloed is van de voorkennis. In dit onderzoek werd de proefpersonen gevraagd zich de informatie uit de tekst te herinneren direct na de bestudering van de tekst. Op basis van deze hypothese zou verwacht mogen worden dat de mate van inferenties in de recall vooral na een zekere tijdsinterval achteraf zichtbaar wordt. Dit zou mogelijk verklaren waarom er zo weinig inferenties in de recall aanwezig zijn.

66

Verscheidende hypothesen kunnen genoemd worden voor de verklaring van de gevonden onderzoeksresultaten. Allereerst is dat de motivatie hypothese. Deze hypothese kan verklaren waarom er in de groep die het stekelig voorval analyseerden meer geleerd werd dan in de controle groep. Door de probleemanalyse werd men zich meer bewust van de leemtes in kennis waardoor meer intrinsieke motivatie en daardoor leerde en onthield men meer van de bestudeerde studietekst. Het zou ook het ontbreken van een interactie effect tussen treatment en type propositie kunnen verklaren. Een tweede mogelijke hypothese is de selectieve-aandacht hypothese. Deze hypothese verklaart de grotere effecten bij de experimentele groep wat betreft het zich herinneren van de tekst, maar het gevonden patroon van recall is hier niet consistent mee. Zo verklaart deze hypothese bijvoorbeeld niet waarom er meer beschrijvende proposities werden herinnerd. Tenslotte is er de elaboratie hypothese. Deze kan de grotere effecten van de groep die "het stekelig voorval" analyseerde verklaren. Kort gezegd komt deze verklaring er op neer dat probleemanalyse leidt tot een grotere integratie van de nieuwe informatie in het bestaande kennisbestand, waardoor er een grotere toegankelijkheid is van deze kennis, waardoor deze kennis beter herinnerd wordt. Het patroon van de recall en de mate van inferenties in de recall zijn moeilijker te verklaren.

Verder onderzoek naar de effecten van probleemanalyse in een meer natuurlijke context zal op een aantal punten anders ingericht moeten worden. Allereerst bevelen Van den Broek, Fletcher en Risden (1993) aan om in onderzoek naar inferenties meer tijd te geven aan proefpersonen voor het bestuderen van de

studietekst. Daarnaast zijn zowel de inferenties direct na het lezen van de tekst van belang als wel inferenties na een tijdsinterval. Verder wordt er in de literatuur in toenemende mate op gewezen dat inferenties nader gespecificeerd moeten worden (Kintsch, 1993; Van den Broek, Fletcher, & Risden, 1993). Tenslotte lijkt het van belang om bij de free recall toets wat betreft instructie meer aan te sluiten bij een taakstructuur die ook terug te vinden is in probleemgestuurd leren.

Hoofdstuk 6

Probleemgestuurd leren: Cognitieve en metacognitieve processen tijdens probleemanalyse¹

¹ Een Engelse versie van dit hoofdstuk is gepubliceerd als: De Grave, W.S., Boshuizen, H.P.A., & Schmidt, H.G. (1996). Problem based learning: Cognitive and metacognitive processes during problem analysis. *Instructional Science*, 24, 321-341.

Inleiding

Ten gevolge van de cognitieve processen die probleemgestuurd leren wordt verondersteld te stimuleren neemt men aan dat deze vorm van leren een aantal voordelen heeft boven meer traditionele benaderingen van onderwijzen en leren. Schmidt (1983; 1993) benadrukt de effecten van probleemgestuurd leren op kennisactivatie en elaboratie. In een onderzoeksoverzicht presenteerden Norman en Schmidt (1992) empirische ondersteuning voor deze claim. Ondanks het veronderstelde belang van deze cognitieve en metacognitieve processen is er weinig bekend over wat er feitelijk gebeurt en hoe probleemgestuurd leren in onderwijsgroepen haar positieve effecten teweegbrengt. Er is wel enig onderzoek gedaan naar de verbale interactie die plaats vindt in dergelijke groepen (bijv. Schmidt, Spaay, & De Grave, 1988). Toch is het inzicht in de aard van de verbale interactie en de deelname door studenten onvoldoende om de effecten van probleemgestuurd leren te verklaren. Webb (1991; 1992) laat bijvoorbeeld in een overzicht van onderzoek naar coöperatief leren zien dat de minder verbaal actief deelnemende studenten in de onderwijsgroep evengoed kunnen leren in de onderwijsgroep als de meer dominante groepsleden. Ze suggereert dat onderzoek naar de cognitieve en metacognitieve processen nodig is (zie ook Brown & Palincsar, 1989; O'Donnell & Dansereau, 1992).

70

Probleemanalyse speelt een centrale rol in probleemgestuurd leren. Schmidt (1993) veronderstelt dat het tenminste een viertal doelen dient. Allereerst zal het studenten helpen om zo veel mogelijk kennis die beschikbaar is te mobiliseren. Het activeren van voorkennis is belangrijk omdat dit het leerproces richting geeft en het begrijpen van nieuwe begrippen vergemakkelijkt. Verder helpt groepsdiscussie studenten om te elaboreren op hun kennis. De confrontatie met het probleem dat begrepen moet worden en de confrontatie met de verklaringen van andere studenten zal leiden tot een verrijking van de cognitieve structuren van de deelnemers. Ten derde, de kennis die op dit punt reeds beschikbaar is, wordt afgestemd op de specifieke context die wordt aangeboden, namelijk het aangeboden probleem. Tenslotte wordt verondersteld dat door de discussie de studenten zo betrokken worden bij de leerstof dat hun nieuwsgierigheid wordt opgeroepen, zodat ze in meer detail willen gaan uitzoeken hoe het probleem verklaard kan worden. Kennisactivatie en elaboratie, discussie met andere studenten en de afstemming van de kennis op het probleem zijn niet alleen een voorbereiding op individueel leren, het is ook kenmerkend voor een meer coöperatieve vorm van leren die resulteert in een herstructurering van kennis of in conceptuele verandering. In andere kennisdomeinen en in andere onderwijscontexten is aangetoond dat conceptuele verandering gestimuleerd wordt door situaties die leiden tot ontevredenheid met de bestaande kennistoestand. In probleemanalyse wordt de bestaande kennis ter discussie gesteld en geëvalueerd, hetgeen de herstructurering van die kennis zou

moeten bevorderen. Volgens Brown en Palincsar (1989) is conceptuele verandering meer waarschijnlijk wanneer men de eigen positie moet verklaren, elaboreren of verdedigen ten opzichte van anderen dan ten opzichte van zichzelf; het gericht zijn op het geven van een verklaring stimuleert een leerling om de kennis te integreren en te elaboreren op een nieuwe manier. Een van de belangrijkste variabelen die de voordelen van sociale leeromgevingen kan verklaren is conflict in de groep. Hoewel sociaal conflict een essentiële stimulans kan zijn benadrukken Brown en Palincsar (1989) dat kennisverandering meer het resultaat is van co-elaboratie en co-constructie op basis van een gedeeld cognitief conflict in plaats van een sociaal conflict.

Een typisch cognitief conflict, vooral in een onderwijssetting, ontstaat doordat de bestaande kennis niet overeenkomt met nieuwe informatie (anomalie). Zo zullen bijvoorbeeld een knikker en een veer wanneer men ze tegelijk van een hoogte van twee meter laat vallen, de grond niet op hetzelfde moment bereiken. Desondanks voorspelt de wet van Newton dat dit zal gebeuren. Hoe is dit mogelijk? Studenten kunnen in deze situatie op veel verschillende manieren reageren, die kan variëren van niet geloven tot een radicale verandering van gedachten. Chinn en Brewer (1993), die een overzicht hebben gegeven van onderzoek naar de rol van conflict in het stimuleren van conceptuele verandering, veronderstellen dat deze verschillen veroorzaakt worden door vier cognitieve kenmerken: De *status van de anomalie* in de perceptie van de studenten, de *kenmerken van de voorkennis*, de perceptie die studenten hebben van de *validiteit en geloofwaardigheid van de nieuwe theorie*, en de *leerstrategieën*. Deze aspecten bepalen of een cognitief conflict wordt ervaren en of een cognitieve verandering plaatsvindt. Wat betreft de kenmerken van voorkennis die moet worden veranderd merken Chinn en Brewer op dat de verankering van voorkennis, de ontologische opvattingen, de kennistheoretische opvattingen en de achtergrondkennis kunnen resulteren in een sterke weerstand tegen verandering. Verder is een plausibele alternatieve theorie die accuraat is, een brede toepassing heeft, consistent, eenvoudig, vruchtbaar en begrijpelijk is, makkelijker te accepteren dan een theorie die één of meer van deze kwaliteiten niet heeft. Ditzelfde is van toepassing op geloofwaardige, niet ambigu informatie die afkomstig is uit meerdere bronnen. Deze informatie wordt gemakkelijker aanvaardt dan andere gegevens ook al is deze strijdig met de oude voorkennis. Tenslotte hebben de verschillende leerstrategieën die men toepast bij de evaluatie van anomalieën verschillende effecten wat betreft conceptuele verandering. Wanneer tegenstrijdige informatie op een diepe manier verwerkt wordt dan bevordert dit een dergelijke verandering. Zo'n leerstrategie impliceert mentale processen zoals zorgvuldig aandacht besteden aan de tegenstrijdige informatie, proberen de alternatieve theorie te begrijpen, elaboreren van de relaties tussen het bewijs en de andere theorieën en nader in beschouwing nemen van alle bewijs. De specifieke combinatie van deze vier factoren bepaalt hoe studenten omgaan met de strijdige informatie. Studenten

ten kunnen deze negeren. Ze kunnen deze informatie verwerpen. Ze kunnen de strijdige informatie uitsluiten. Ze kunnen de strijdige informatie voorlopig in beschouwing nemen. Ze kunnen ook de informatie herinterpreteren. Tenslotte kunnen ze hun theorie marginaal of meer radicaal veranderen.

Probleemgestuurd leren kan worden opgevat als een onderwijs- en leerstrategie die probeert cognitief conflict bij studenten op te roepen hetgeen leidt tot conceptuele verandering. Dit conflict ontstaat wanneer de kennis van de individuele studenten en het probleem waar zij aan werken niet met elkaar overeenkomen. In feite is dit een axioma van probleemgestuurd leren. Een probleem moet zo ontworpen worden dat er een discrepantie of tenminste een kloof is tussen de kennis van de student en het probleem. De manier waarop studenten omgaan met dit conflict zal grotendeels voortkomen uit deze discrepantie. Alternatieve theorieën worden niet aangeboden door de docenten, maar worden geconstrueerd in de groepsdiscussie, gebaseerd op een combinatie en evaluatie van de kennis van alle groepsleden en later geverifieerd tijdens zelfstudie en rapportage. Wanneer geen plausibele theorie kan worden geconstrueerd, zal geen conceptuele verandering kunnen plaatsvinden. De andere twee factoren zullen waarschijnlijk een minder belangrijke rol spelen. De geloofwaardigheid van de tegenstrijdige informatie zal hoog zijn wanneer deze informatie geleverd wordt door het blokboek of de tutor. De informatie die door de groepsleden zelf naar voren wordt gebracht zal verschillend worden beoordeeld. Tenslotte zijn de studenten getraind om op deze manier te werken. De zevensprong garandeert een diepe benadering van het probleem.

Het doel van de studie die in dit hoofdstuk wordt gepresenteerd is tweeledig. Het belangrijkste doel is te onderzoeken of probleemgestuurd leren inderdaad leidt tot conceptuele verandering. Daar conceptuele verandering zelf (niet de factoren die ertoe leiden) een intra-individueel proces is, moet een methode ontworpen worden die gevoelig is voor deze verschijnselen. In deze studie is gebruik gemaakt van een stimulated recall methode (gesuggereerd door Webb, 1991). De hieruit resulterende protocollen werden geanalyseerd met behulp van een zooming-in techniek, die zich eerst richtte op de meer macroscopische kenmerken van de protocollen en daarna gevolgd werd door een meer microscopische analyse van de dynamische aspecten van de protocollen. Tenslotte werden de zeven manieren van omgang met de tegenstrijdige informatie (zoals beschreven door Chinn en Brewer, 1993), variërend van het negeren van de tegenstrijdige informatie tot een radicale verandering van theorie, gebruikt om een protocol van een individuele student op een meer gedetailleerd niveau te analyseren. Daarbij werd gezocht naar sporen van conceptuele verandering. Als gevolg van deze tweeledige doelstelling van de studie heeft dit hoofdstuk zowel een methodologisch als een theoretisch aspect. Deze worden afzonderlijk behandeld.

Methode

Proefpersonen

Een kleine onderwijsgroep werd gevormd uit vijf tweedejaars studenten van de studie geneeskunde aan de Universiteit van Maastricht. Deze studenten waren goed ingewijd in de principes van probleemgestuurd leren. Zij hadden ongeveer twee jaar lang problemen geanalyseerd in onderwijsgroepen die twee keer per week bijeenkwamen.

Materialen

Het probleem (casus) die de studenten moesten analyseren was een casus uit het blok "Pijn". Dit blok is onderdeel van derde curriculumjaar. De moeilijkheidsgraad van het probleem was hoog genoeg om de cognitieve processen van de studenten te stimuleren. Aan de andere kant hadden zij ook voldoende voorkennis om het probleem te kunnen analyseren.

Casus: Een pijnlijke ringvinger

Marcus B is een 34 jarige bankwerker, die nog nooit zijn huisarts heeft bezocht. De laatste maanden echter heeft hij een aantal keren een voorbijgaande "rode streep" aan zijn beide onderarmen opgemerkt, die ook licht pijnlijk was. Daarnaast doet zijn linker ringvinger erg pijn, vooral als het buiten koud is of wanneer hij met koud metaal werkt. Deze vinger wordt dan ook lijkwit om via blauw en rood weer normaal te kleuren na enige tijd. De laatste week was de pijn in zijn vinger echter zo hevig geworden dat hij besloot om nu toch maar eens zijn huisarts te raadplegen. De bedrijfsarts had hem er wel al eens op gewezen, dat zijn vele roken (tot 2 pakjes per dag) zijn gezondheid op de lange duur wel eens kon schaden, maar dat was tenslotte toch een zorg voor later!

73

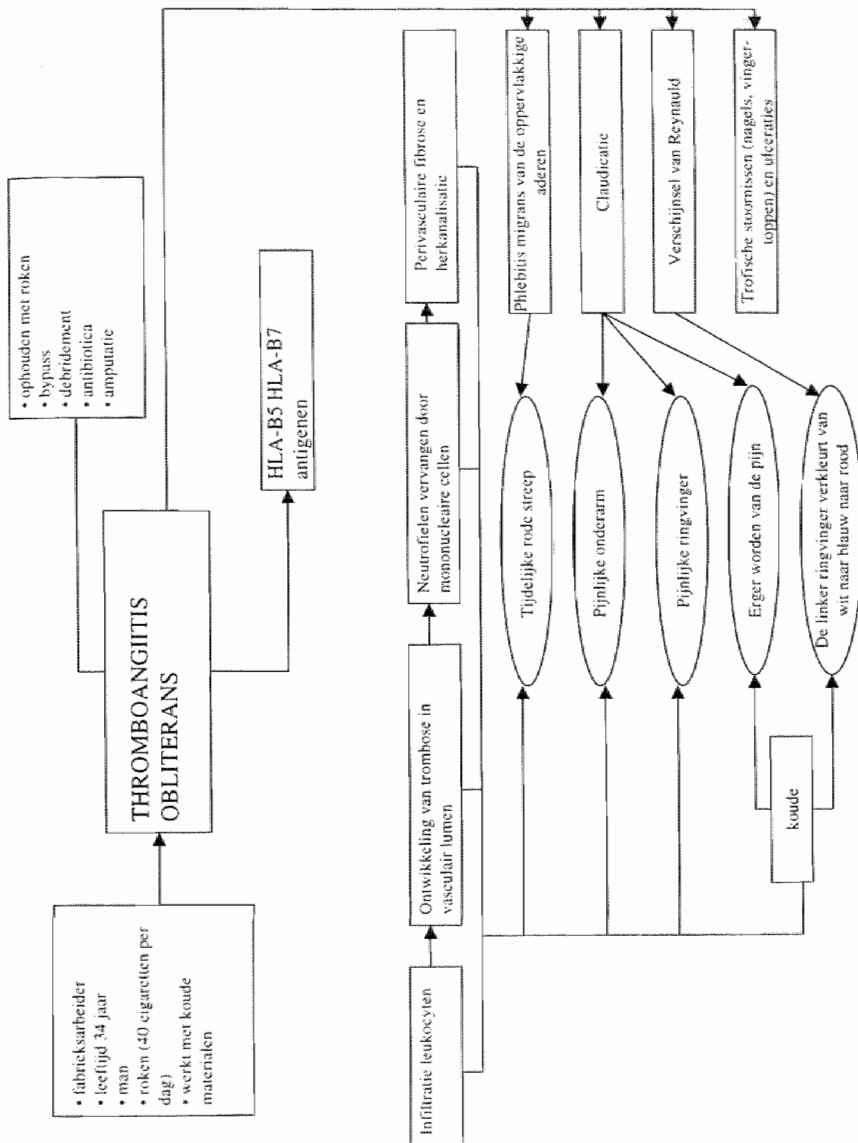
Deze casus gaat over een niet vaak voorkomende ziekte genaamd 'thromboangiitis obliterans'. Deze stoornis wordt gekenmerkt door een ontsteking en afsluiting van de kleine en middelgrote slagaders en aders in de handen, onderarmen, voeten en benen. Deze afwijking ontwikkelt zich vooral bij mannen beneden de leeftijd van 40 jaar, vooral bij mensen die komen uit Azië en Oost-Europa. De oorzaak van thromboangiitis obliterans is niet bekend. Er is echter een bepaalde relatie met roken. Trombose van de vaten is waarschijnlijk een belangrijke gebeurtenis die leidt tot een intense ontstekingsreactie. Deze ontsteking heeft fibrose rond de bloedvaten tot gevolg, die leidt tot obstructie van de bloedtoevoer. De meest algemene symptomen zijn kramp in armen of benen. Een ander algemeen symptoom is tij-

delijk zuurstoftekort (afname van bloedtoevoer naar een weefsel dat resulteert in gebrek aan zuurstof) van de vingers of renen na het blootgesteld zijn aan kou. Dit manifesteert zich als pijn en de beschreven kleurveranderingen (genaamd Reynauds' verschijnselen). Een derde symptoom is thromboplebitis in de oppervlakkige aderen. In Figuur 6.1 is aangegeven hoe de kennis over thromboangiitis obliterans gerelateerd is aan de informatie in de casus.

Procedure

De onderwijsgroep analyseerde het probleem gedurende 20 minuten. De discussie werd voorgezeten door een van de studenten. De groep zat in een halve cirkel. De interactie in de groep werd in een professionele video studio op videoband opgenomen. De technische staf bevond zich in een afzonderlijke ruimte. De proefpersonen in de onderwijsgroep werden geïnstrueerd om de casus zo te behandelen als zij normaal ook zouden doen. Er werd hen medegedeeld dat de video-opnamen ongeveer 20 minuten zouden duren, maar dat zij niet op de tijd hoefden te letten. Ze zouden worden gewaarschuwd wanneer zij de discussie moesten stoppen. Derde en vierde jaars geneeskunde studenten (5 in totaal) traden op als interviewers in de stimulated recall sessie. Deze studenten volgden een speciale training voor deze taak. De interviewers waren bekend met en hadden ook de relevante achtergrond kennis die benodigd was voor de casus die werd geanalyseerd. De interviewers werden, voordat de probleemanalyse werd uitgevoerd, toegewezen aan de individuele leden van de onderwijsgroep. Tijdens de probleemanalyse konden zij de groep observeren (vooral de student die zij hadden toegewezen gekregen) via monitoren in de videostudio.

Direct nadat de sessie was afgelopen werden van de mastertape vijf identieke kopieën met tijdcode gemaakt. Ondertussen waren de interviewers en de proefpersonen naar nabijgelegen kleine ruimtes gegaan voor de stimulated recall. In deze ruimtes waren video afspeelapparatuur en audiocassette recorders geplaatst. De interviewer introduceerde hem/haar zelf en legde de stimulated recall procedure uit. Na twee minuten arriveerden de videobanden in de recall ruimtes en begon de recall procedure. De studenten werd gevraagd alles wat zij zich konden herinneren van het denkproces tijdens de discussie te verbaliseren. De videoband werd afgespeeld om hen bij dit herinneren te helpen. Elke keer dat een gebeurtenis de student herinnerde aan iets waarover zij had nagedacht tijdens de discussie werd de videoband gestopt. Dit kon door de student of door de interviewer worden gedaan. De taak van de interviewer was om de proefpersoon te stimuleren tot het verbaliseren van het denkproces tijdens de recall situatie. De stimulated recall sessie werd opgenomen op audiocassetteband. Nadat zij hier mee klaar waren werden de proefpersonen kort geïnterviewd over hun ervaringen tijdens groepswork en stimulated recall.



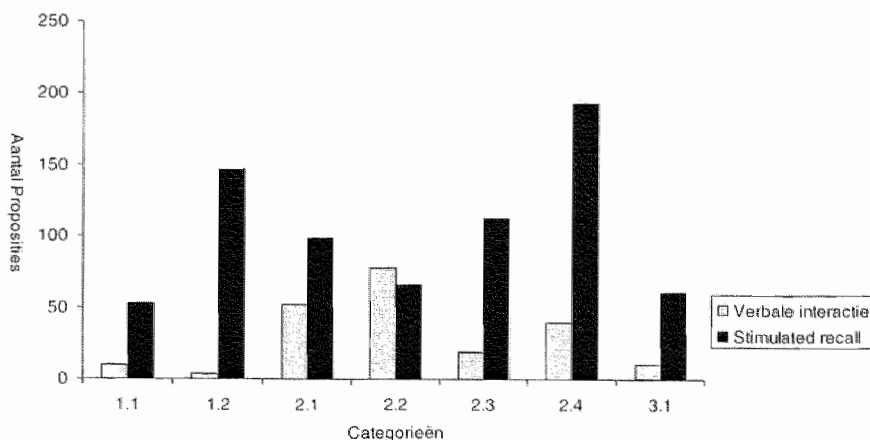
Figuur 6.1. Inhoudsstructuur van de casus: Een pijnlijke ringvinger.

Analyse

Van de videoband van de onderwijsgroep en van de stimulated recall van de vier groepsleden werd een letterlijk transcript met tijdcode gemaakt. Door problemen met de apparatuur kon geen protocol worden gemaakt van de gesprekleider. De resulterende protocollen werden opgedeeld in de kleinst mogelijke betekenisvolle eenheden. Voor de classificatie van deze eenheden werd gebruik gemaakt van een methode die oorspronkelijk ontworpen was door Hassebrock en Prietula (1992) voor de codering van diagnostisch redeneren. De oorspronkelijke methode was bedoeld voor individueel diagnostisch redeneren. Daarom moest hij worden uitgebreid met een aantal categorieën die betrekking hebben op de situatie waarin gedeeld diagnostisch redeneren tijdens probleemanalyse in een onderwijsgroep plaatsvindt. Om het sociale aspect daarin op te nemen werd de categorie proces niveau, met twee subcategorieën, eraan toegevoegd. Verder werden sommige categorieën zoals theorie-evaluatie en metaredeneren vereenvoudigd. Gegevens exploratie en -interpretatie werden gecombineerd in één categorie.

Tabel 6.1. Codeer systeem voor protocollen van zowel de verbale interactie als de stimulated recall tijdens probleemanalyse.

Proces Niveau	Taak Niveau	Niet-taak Niveau
1.1 procedure 1.2 samenwerking	2.1 exploratie van gegevens: probleem definitie; verwijzing naar de informatie in de casus; identificatie, structurering, integratie en initiële interpretatie of informatie; signaleren van ontbrekende gegevens 2.2 theorievorming: causaal redeneren; hypothesen; associaties specificaties; generalisaties. 2.3 theorie-evaluatie: bevestigende evaluatie; niet-bevestigende evaluatie; evaluatie over zekerheid. 2.4 metaredeneren: reflecties op voorkennis; reflecties op het leerproces; reflecties op strategie van denken.	3.1 irrelevant



Figuur 6.2. Analyse van de verbale interactie en de stimulated recall: Frequenties van propositie typen.

Analyse van de protocollen werd uitgevoerd door twee onderzoeksassistenten in een consensus procedure. Een voorbeeld van zo'n protocol analyse van een stimulated recall protocol wordt in onderstaande gegeven (excerpt van student A):

Ja, daar dacht ik al aan het roken (code 2.1)/ Ja bloedvaten en roken kunnen er iets mee te maken hebben (code 2.2)/ twee pakjes per dag is nogal veel (code 2.1)/ Het werd in de casus op zo'n manier vermeld dat het er iets mee te maken heeft (code 2.1)/ Ik vroeg me af hoelang dat al duurt (code 2.1)/ Hij is slechts 34 (code 2.1)/ en hoe lang geleden zei die huisarts dat (code 2.1) Maar om daarop door te gaan leek mij niet zo relevant (code 1.1). (tijd: 1.52)

77

Resultaten

In Figuur 6.2 zijn de frequenties van de verschillende onderscheiden categorieën zinvolle eenheden weergegeven voor zowel verbale interactie als stimulated recall.

Deze grafiek laat zien dat de verbale interactie en stimulated recall protocollen dezelfde categorieën van cognitieve processen bevatten, maar in verschillende verhoudingen. Dit geldt vooral voor groepsprocedure (1.1), groepssamenwerking (1.2), theorie-evaluatie (2.3) en metaredeneren (2.4). Blijkbaar neigen studenten ertoe deze cognitieve processen niet expliciet te maken, vooral wanneer zij de bijdrage van andere groepsleden waarderen en wanneer zij reflecteren op hun eigen voorkennis en hun leerproces. De verbale interactie toont slechts de top van de ijsberg van deze verschijnselen. De stimulated recall protocollen zijn nodig om meer inzicht te krijgen in de processen en voorwaarden voor conceptuele verandering.

Slechts één categorie, theorievorming, is meer prominent aanwezig in de verbale interactie dan in de stimulated recall; weinig additionele informatie kan worden gevonden in de stimulated recall protocollen. Dit betekent dat de inhoud van de verbale interactie een goede indruk geeft van het causale redeneren dat gaande is. In dit experiment werd echter een redelijk kleine groep gebruikt. Als de groep groter was geweest, zou de verhouding van theorievorming in de verbale interactie en theorievorming in de stimulated recall waarschijnlijk minder uitgesproken zijn geweest, daar er slechts één student tegelijkertijd kan praten, terwijl elk zijn eigen ideeën en overwegingen kan hebben. Exploratie van gegevens is ook een duidelijk aanwezige categorie in de verbale interactie.

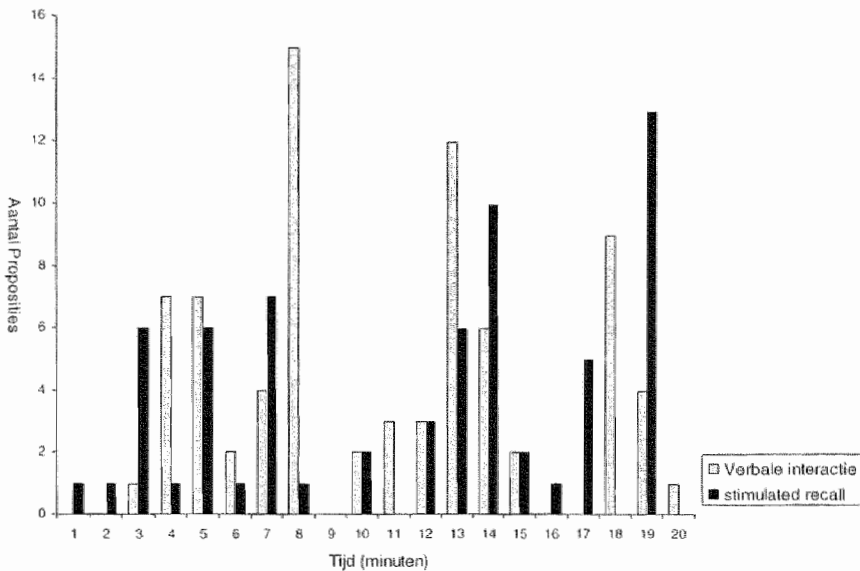
Het is interessant om te zien dat het denken over procedures en over samenwerking in de groep een belangrijk onderdeel is van de cognitieve processen van de groepsleden die zij eerder voor zich houden. Verder is het voor studenten moeilijk om constant taakgericht bezig te zijn. Vooral de stimulated recall protocollen tonen aan hoe studenten aan het “dagdromen” kunnen zijn, zoals het volgende excerpt van student D aantoont.

Ik probeer de discussie te volgen, maar het is moeilijk voor me om me te concentreren. Ik schrijf met mijn linkerhand en ik teken een bloem. Ik denk aan een meisje dat altijd bloemen tekende. Dan kijk ik naar het bord om weer aan de discussie mee te doen. (tijd: 19.00).

78

Deze analyse van de protocollen als een geheel in categorieën levert slechts een statisch beeld op van de cognitieve en metacognitieve processen tijdens probleemanalyse. De tijdcodes geven de mogelijkheid om ook de gedachtenstroom tijdens de twintig minuten te analyseren. Hier presenteren we de temporele analyse van de categorie ‘theorievorming’. Deze categorie werd uitgekozen omdat het geven van verklaringen in theorieën over coöperatief leren (Webb, 1991, 1992) centraal staat en suggereert dat variabelen gerelateerd aan het geven van verklaringen (op een verbaal niveau) erg belangrijk zijn voor leereffecten. Figuur 6.2 laat zien dat deze categorie het meest prominent aanwezig is in de verbale interactie. Theorievorming kan worden gestimuleerd of belemmerd in een groepsproces. Tijdens de discussie kan de frequentie van theorievorming toenemen of afnemen. Figuur 6.3 toont dit patroon.

Wat opvalt is dat de twee patronen voor interactie en stimulated recall nogal overeenkomen. Deze grafiek wordt beter te begrijpen wanneer de inhoud van de discussie tijdens de 20 minuten wordt onderzocht op basis van het theoretisch kader van Chinn en Brewer (1993).



Figuur 6.3. Frequentie van theorievorming in de verbale interactie en de stimulated recall per tijdseenheid (minuut).

Tijdens de eerste twee minuten definieerde de groep de problemen die moesten worden geanalyseerd. Vier problemen werden geïdentificeerd: 1. Wat is de oorzaak van de rode streep? 2. Waarom is die linker ringvinger pijnlijk en koud door koud materiaal of koud weer? 3. Hoe zijn de kleuren te verklaren? 4. Wat is de relatie met het roken van sigaretten?

Van de derde tot de achtste minuut genereerde de groep verklaringen voor het probleem van de rode streep over de onderarm. De groepsleden construeerden verschillende theorieën om dit probleem te verklaren. Allereerst was er de theorie over bloedvergiftiging (sepsis); vervolgens werd er een theorie over lymfangitis naar voren gebracht, en tenslotte, was er een theorie over stenose. In de loop van de discussie ontstond er een overeenstemming over stenose als een verklaring voor de problemen van de patiënt.

Vanaf de achtste minuut, begon de groep te werken aan het tweede probleem (de relatie tussen pijn en kou). Om deze symptomen te verklaren werkten zij stenose verder uit, zij spraken vooral over de gecombineerde effecten van stenose en vasoconstrictie op de bloedvaten. Zij genereerden ook verklaringen voor de verschillende kleuren (probleem 3). Op dit moment kwamen de studenten met veel verklaringen (zie Figuur 6.3). Vanaf de negende tot de dertiende minuut dachten zij na over de kleuren en keerden ook terug naar de rode streep. Nu ontstond het idee van een ontstekingsreactie en de relatie tussen ontsteking en stenose. Twee van de

studenten keerden terug naar het idee van sepsis. In deze fase was er enige verwarring en genereerden zij niet zoveel nieuwe ideeën.

Vanaf de dertiende minuut vervolgde de groep met het verklaren van de kleurveranderingen en relateerden dit aan roken en stenose door het begrip zuurstofgebrek. In de veertiende minuut probeerden zij meer specifiek te zijn over de relatie tussen roken en stenose. Na het bedenken van ideeën hierover constateerden zij dat zij leemtes in hun kennis hadden en ook op dit moment was er geen echte vooruitgang in het denken. Zo dachten de studenten aan de ringvinger en hadden enige associaties met achtergrond kennis, maar bedachten niet echt verklaringen voor de symptomen. In de achttiende minuut keerden zij terug naar de relatie tussen de linker ringvinger en de rode streep. In de negentiende minuut besteedden zij kort aandacht aan de mogelijke invloed van werkomstandigheden van een fabrieksarbeider. In de laatste minuut vatte de gesprekleider de discussie samen en beëindigde de groepsbijeenkomst.

Tijdens deze discussie maakten de studenten een proces van conceptuele verandering door. Dit wordt geïllustreerd door de excerpten van de stimulated recall protocollen. Eén student was erg expliciet in haar conceptuele verandering. We zullen daarom haar stimulated recall gebruiken voor een meer gedetailleerde analyse van de factoren die conceptuele verandering beïnvloeden. Zo nu en dan echter zullen we daar de excerpten van de stimulated recalls van andere studenten aan toe voegen. Deze excerpten beslaan de periode die loopt van de derde tot de achtste minuut, een periode waarin theorieën worden gegenereerd om sommige van de gegevens te verklaren en waarin de studenten proberen het juiste spoor te vinden dat verder uitgewerkt moet worden.

De inhoud van de verbale interactie en de stimulated recall zijn beide naast elkaar afgedrukt om de vergelijking tussen beide mogelijk te maken. Soms worden deze excerpten onderbroken door commentaar om de relatie tussen het excerpt en het theoretisch kader van Chin en Brewer duidelijk te maken.

Begin: 2.15

Verbale interactie in de groep

E: Probleemstelling één: Wat is die rode streep?

C: Misschien een arterie.

B: Ja, we hebben ooit eens iets gehad over bloedvergiftiging.

E: Lymfangitis.

B: Ja een of andere ontsteking.

A: Ja, wat was dat nou?

E: Een ontsteking in de lymfe toch? Een ontstekingsreactie die doorgaat naar de lymfe. Lymfangitis, en dan krijg je een rode streep.

Stimulated recall van student A

Ja toen ging het over die bloedvergiftiging. En toen begon ik eigenlijk nog meer te denken wat was dat woord nou? En hoe zat het precies? [.....] Ik zat zelfs te denken aan de literatuur die ik toen bestudeerd had, maar ik wist het niet meer. Dat was een chirurgieboek geloof ik, over wondgenezing. Ik wist dat we het gehad hadden. En dan wil ik het weten. Ik herinnerde me die casus, die rode streep en die roestige spijker en dat hij een hek aan het timmeren was en dan krijg je een ontsteking die helemaal doortrok door die arm. Daar zit ik de hele tijd over door te denken.

Ja daar had ik zoiets van "Dat is het niet". Ik wist dat lymfangitis.... Dat klonk niet echt. Nee ik zat te zoeken naar het woord sepsis, dan weet iedereen wat ik bedoel. Van die lymfe, dat geloofde ik wel, in ieder geval dat ze er iets mee te maken hadden. Maar zijn verhaal kwam niet echt overtuigend over.

Einde: 3.02

Dit excerpt laat de invloed zien van de factor achtergrondkennis op de manier waarop student A reageerde op de gegevens. De casus deed haar herinneren aan een eerdere casus over sepsis, hoewel ze dat woord niet kon vinden. Haar reactie op het verhaal van de lymfe is illustratief voor de vorm van voorlopig in beschouwing nemen van gegevens die een anomalie vormen. De ideeën over lymfangitis waren tegenstrijdig met haar opvattingen. Ze aanvaardde deze informatie gedeeltelijk, maar verklaarde de gegevens nog niet. Door dit voorlopig mee in beschouwing te nemen, werd de oorspronkelijke theorie niet beïnvloed. Maar wanneer deze informatie meegenomen wordt, dan betekent dit dat deze theorie later verder uitgewerkt wordt, zodat het deze gegevens kan verklaren. Later in de verbale interactie en in de stimulated recall van deze student werd geprobeerd de theorie verder uit te werken.

Begin: 3.02

Verbale interactie in de groep

D: Maar die rode streep, is die in de lengte van z'n arm?

C: Ja ik denk het wel.

A: Maar de informatie in de casus is anders.

B: Een voorbijgaande rode streep... (leest hardop voor uit de casus).

D: Ja het lijkt me eigenlijk wel logisch maar het staat er niet zo in de casus.

A: Hoe heette dat ook alweer, die bloedvergiftiging?

A: We hebben het ooit eens in een blok gehad maar dat ging toen over een ontsteking... vorig jaar? Met die spijker en dat timmeren en zo.

C: Oh ja.

A: Hij kreeg toen een ontsteking aan z'n duimen en dat trok toen helemaal rood door.

C: Maar dat was toen veel acuter.

A: Ja.

C: In de loop van maanden.

A: Ja, in een paar maanden.

Stimulated recall van student A

Ja toen dacht ik dat klopt niet helemaal, maar het bleef toch wel hangen. Het is wel het punt dat ik ga twijfelen. Ja maar het was niet hetzelfde, die rode streep wel alleen is het anders ontstaan maar hoe wisten we niet. Dat het in een paar maanden ontstaan was en dat andere was heel acuut, dus kan het niet helemaal hetzelfde zijn.

Einde: 3.50

Hier erkent student A heel duidelijk een conflict tussen haar oorspronkelijke theorie en de ideeën van student C. Deze informatie was heel geloofwaardig en niet ambigue, omdat het gegevens waren uit de casusbeschrijving; dit had een behoorlijke invloed op de theorievorming van student A. Deze gegevens over het tijdelijke en acute karakter van het symptoom was eerst genegeerd, maar nu moest het verklaard worden. Op dit moment echter is er nog geen goede alternatieve theorie beschikbaar en daarom veranderde student A haar theorie nog niet.

Verbale interactie in de groep

Stimulated recall van student A

C: Kan het geen vernauwing van een bloedvat zijn? Omdat die ook zo heel veel rookt en als het koud wordt dan wordt het bloedvat natuurlijk nog nauwer.

D: Wijst dat rode niet op een ontstekingsreactie? Bij een vernauwing zal het juist wegtrekken. Ja, ik denk dat je dan geen rode streep krijgt.

C: Ja.

A: Ja.

C: Ja misschien een ophoping van stoffen of zo, ik weet het niet hoor.

Stimulated recall van student A

Ja, toen was ik het met student D eens. Een vernauwing, dat geeft geen rode streep. Ik had eigenlijk eerst zoiets van nee dat kan toch niet. Later dacht ik dat het toch wel kon. Dat roken heeft een duidelijk verband ermee. Ik was nu dit aan het opschrijven: vernauwing van het bloedvat, de roodheid die van een ontsteking kwam. Vooral die lymfe, dat vergeet ik dadelijk en dat heeft er toch wel mee te maken; en die bloedvat vernauwing daar zouden we toch wel op terug komen.

Einde: 4.22

Student C introduceerde een alternatieve theorie, namelijk stenose. Student D confronteerde student C met tegenstrijdige gegevens en bevestigde daarmee de theorie van student A. De tegenstrijdige informatie werd opgevat als geloofwaardig en student A begon al te twijfelen. Dat zij deze gegevens accepteerde werd aangetoond door wat ze opschreef.

83

Begin 4.22

Verbale interactie in de groep

A: Waarom alleen aan z'n onderarmen?

B: Misschien krijgt hij het nog aan z'n benen.

E: Hij heeft het trouwens aan beide onderarmen.

A: Ja aan beide onderarmen.

A: Waarom in godsnaam alleen aan z'n onderarmen?

[.....]

Stimulated recall van student A

Ja, dat snapte ik niet. Waarom alleen z'n onderarmen. Als hij het aan z'n benen had dan zou dit in de casus staan. Iemand zegt: "Misschien heeft hij het ook aan z'n benen maar zie je het niet omdat hij een broek aan heeft". Toen dacht ik, ja maar het is wel pijnlijk en dan zou hij dat voelen en ook als hij zich 's avonds uit zou kleden dan zou hij het ook zien, maar dat leek me niet echt van belang. Het moet iets met die onderarm te maken hebben, dat was geen toeval. [.....]

Verbale interactie in de groep

C: Zou het niks te maken hebben met dat roken, ik bedoel twee pakjes per dag heeft dus duidelijk invloed op de bloedvaten.
C: Misschien een beetje een raar voorbeeld, maar de vader van een vriendin van mij is ook op een gegeven moment gedotterd, omdat bij hem ook twee vingers helemaal koud waren. Ze hebben hem toen gedotterd, omdat z'n bloedvaten helemaal dicht zaten.
D: Waar hebben ze 'm gedotterd?
C: In z'n bovenarm (wijst aan).
D: Dus een vernauwing van een bloedvat.
A: Een vernauwing of een propje.
B: Stenose
D: Ja dat is een vernauwing.
B: Maar dan krijg je toch geen rode streep?
A: Nee, dat snap ik ook niet helemaal, die rode streep. Dat die vingers rood worden okay.
B: Het feit dat die vingers koud worden en licht pijnlijk wil ik ook nog wel aannemen.
E: Die kleuren van die vinger kan je daarvoor ook verklaren. Als er geen bloed doorheen...
A: Maar waarom alleen in z'n linker ringvinger? Hij heeft 't aan beide onderarmen dus zou je op z'n minst links en rechts verwachten.

Stimulated recall van student A

Ik geloofde die vernauwing niet helemaal, maar het moest er wel mee te maken hebben. Ik geloofde niet dat die rode streep door die vernauwing kwam. Ik had zoiets van niet te snel zijn met die vernauwing. Ik was er niet helemaal tegen. Vooral toen ze dat verhaal van die vader van die vriendin vertelde. Toen dacht ik 'ja het zal dan wel waar zijn'. Het was wel een plausibel verhaal, maar je kan er niet alles mee verklaren.

Ik zit de hele tijd aan mijn vingers. Ik wil duidelijk maken van hoe zat dat nou. Ik zat de hele tijd te denken aan de linker vinger. Toen zei zij: "Waar is hij dan gedotterd". "Ja, in de bovenarmen". Maar dit zijn onderarmen! Iets dat ik zeker goed zal bestuderen: Waarom die onderarmen?

Einde: 6.00

Student A werd geconfronteerd met meerdere anomalieën die ontstonden door de alternatieve theorie van stenose. Er waren echter enige zwakke punten in de alternatieve theorie. De reikwijdte van deze theorie was niet breed genoeg om het te aanvaarden ('... maar je kunt er niet alles mee verklaren'). Een ander probleem met de alternatieve theorie was een gebrek aan een verklaringsmechanisme, hetgeen een essentieel onderdeel is van een plausibele alternatieve theorie. Student A aanvaardde de gegevens (... "het kan waar zijn") maar merkte op dat er geen verklaring was voor het mechanisme. In het volgende deel van het protocol van de stimulated recall is dit zoeken naar een mechanisme erg duidelijk.

Verbale interactie in de groep

C: Zullen we verder gaan?

E: Ja dus.

C: Maar die rode kleur kan dat niet komen door die vernauwing? Ja, weet ik veel.

Misschien stoffen die achter blijven of zo, waardoor je een bepaalde reactie krijgt en waardoor die afvalstoffen niet genoeg afgevoerd worden, of zoiets.

A: Ja maar dan zit je wel met die lymfe? Dan krijg je wel het verhaal rond. Afvalstoffen die blijven zitten.

C: Ja okay, maar welke naam geef je eraan?

B: Ja, maar wat voor afvalstoffen?

A: Ja, ik vind het ook niet echt aannemelijk.

C: Het is ook maar een brainstorm.

Stimulated recall van student A

Hier zat ik over na te denken. Dat vond ik wel een mooi verhaal die afvalstoffen en hoe dat werkt. Toen zag ik die vernauwing ook wel zitten. Toen paste het een beetje. Het was nog niet allemaal duidelijk, maar het was allemaal redelijk plausibel.

Die afvalstoffen, maar wat voor afvalstoffen. Het speelde wel. Het was niet echt aannemelijk, maar aan de andere kant wel. Eigenlijk begint dat ook te overheersen, zo van dat klopt wel. Maar toen student B zei: Welke afvalstoffen?" Ja, dat weet ik ook niet. Ik was ook niet echt overtuigd, ik zit er echt een beetje tussenin. Maar dat had iedereen wel.

Einde: 7.23

Dit excerpt illustreert een conceptuele verandering in student A ("dit begint de andere ideeën te overheersen"). De alternatieve theorie werd plausibel toen in het laatste deel van het excerpt een verklaring werd gegeven voor de afvalprodukten en het mechanisme hierachter. Student A had ook de indruk dat er een soort groepstheorie werd ontwikkeld. Deze indruk werd ondersteund door de stimulated recall van student D.

85

Verbale interactie in de groep

Stimulated recall van student D
ongeveer op dezelfde tijd

Ik dacht dat we het allemaal redelijk duidelijk hadden. Toen we begonnen met de casus dacht ik dat er geen vooruitgang zou zijn. Nu heb ik het idee dat we aardig wat vooruitgang hebben gemaakt.

Een ander kenmerk van de kwaliteit van de alternatieve theorie is de vruchtbaarheid ervan. Met andere woorden, wanneer deze nieuwe verklaringen kan genereren voor andere gegevens. In de protocollen van de studenten werd dit evident, toen zij begonnen het volgende probleem te verklaren en zij deze theorie gebruiken en verder uitwerkten. Figuur 6.3 laat zien dat de alternatieve theorie inderdaad

vruchtbaar was in de zin van het genereren van nieuwe ideeën (bijv. in de 8ste minuut).

Het gebruik van deze theorie en de verdere uitwerking ervan kan worden geïdentificeerd in het protocol van de verbale interactie.

Verbale interactie in de groep (achtste minuut) Stimulated recall

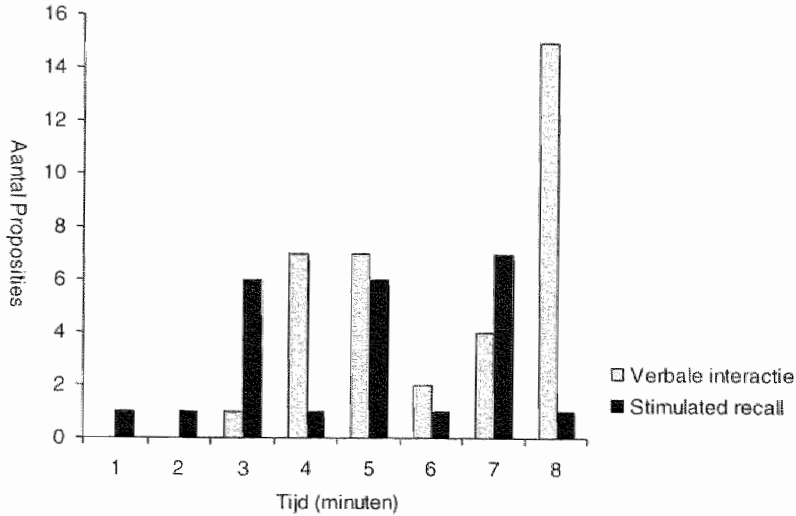
D: Ik denk toch dat het bloedvat afgekneld is door een plaque of zoiets of gewoon nauwer is geworden. Bij koud weer zullen de vaten zich vernauwen, dus dan wordt doorbloeding gewoon nog weer minder. Je krijgt dan misschien een complete afsluiting van die ringvinger. Ja, waarom alleen die ringvinger, dat weet ik ook niet. Maar er is een afsluiting en dan wordt het wit.
C: Ja, en het kan dan ook best pijnlijk zijn door alle afvalstoffen. In ieder geval is er geen goede doorbloeding.
D: De afvalstoffen worden niet weggevoerd en dan krijg je misschien een ontstekingsreactie, waardoor die rode kleur...

Dit deel van de probleemanalyse laat duidelijk de verschillende cognitieve en metacognitieve processen zien. Figuur 6.4 en 6.5 vatten deze resultaten samen. Deze grafieken samen, suggereren dat veel niet-expliciet metaredeneren vooraf gaat aan een toename in expliciete theorievorming.

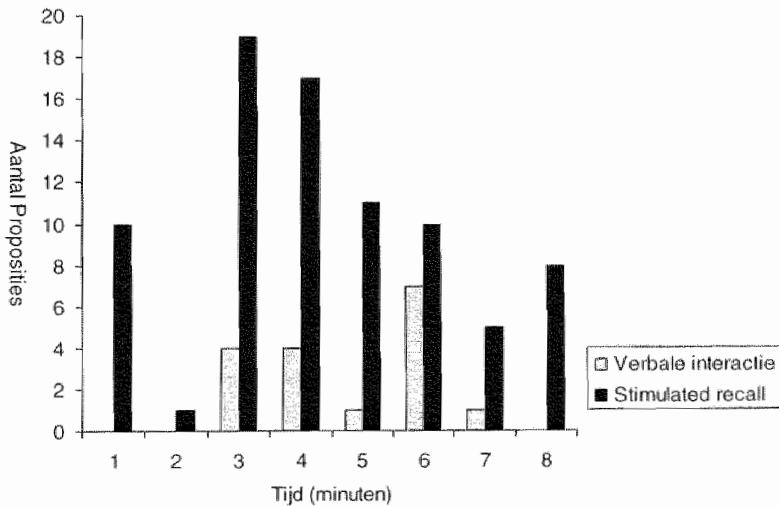
Discussie

Het doel van dit onderzoek was tweërlei, te onderzoeken of probleemgestuurd leren inderdaad leidt tot conceptuele verandering en om een methode te ontwikkelen die deze verschijnselen in beeld kan brengen.

Wat betreft het methodologische doel van dit onderzoek, suggereren de resultaten van deze studie dat de combinatie van een analyse van de verbale interactie en van de stimulated recall protocollen behulpzaam kunnen zijn bij het onderzoek van individuele cognitieve processen tijdens probleemgestuurd leren in de kleine groep. Er zijn verschillende aspecten aan deze methode die de validiteit ervan ondersteunen. Allereerst hadden de studenten zelf de indruk dat het op video opnemen van de probleemanalyse de discussie niet beïnvloedde.



Figuur 6.4. Het proces van theorievorming gedurende de eerste acht minuten.



Figuur 6.5. Het proces van metareneren gedurende de eerste acht minuten.

Student C: “Eerst dacht ik dat het nogal een kunstmatige situatie zou zijn voor te brainstormen, maar ik vond het niet verschillen met hoe het normaal verloopt in de onderwijsgroep”.

Student D: “Ik was goed geconcentreerd bezig, ik had niet het idee: Oh daar is een video, helemaal niet”.

Ook het feit dat de stimulated recall direct uitgevoerd werd na de probleemanalyse maakt dat de proefpersonen nog sterk betrokken waren bij het cognitieve proces van de probleemanalyse.

Student C: “Ik was verrast wat je nog weet over wat je hebt gedacht. Eerst had ik daar enige twijfels over, maar je kunt het allemaal herinneren”.

Een ander opvallend kenmerk van deze methode is dat de verbale interactie, waarop studenten gevraagd wordt te reageren, kenmerken heeft van een hardop denk protocol. De sociale interactie situatie legt zekere beperkingen op aan die interactie: niet iedereen kan op hetzelfde moment zijn gedachten uiten en sommige zaken kunnen beter niet expliciet gemaakt worden. In de daaropvolgende stimulated recall sessie worden de studenten aangemoedigd om deze leemtes in te vullen.

Een vierde kenmerk van deze methode, die suggereert dat deze protocollen valide gegevens opleveren over de cognitieve processen, is de overeenstemming tussen de verbale interactie en de stimulated recall protocollen van de individuele studenten, en vooral het feit dat zekere intra-individuele verschijnselen (metaredeneren) vooraf gaan aan andere verschijnselen in de verbale interactie (theorievorming). Een voorbeeld van dit effect wordt gevonden in de vergelijking van Figuur 6.4 en 6.5.

In onderzoek naar het denken van de leerkracht (Yinger, 1986), waar stimulated recall vaak is gebruikt, werden verschillende problemen ervaren met deze methode, bijvoorbeeld het frequent gebruik van generalisaties en rechtvaardiging door proefpersonen, die niet direct gerelateerd waren aan de feitelijk situatie. In de protocollen van de proefpersonen kwamen weinig generalisaties voor en als dit wel het geval was, dan waren zij nauw gerelateerd aan het denkproces. Het volgende excerpt levert een voorbeeld.

Student B: “Toen dacht ik, er worden vaak dingen in een casus genoemd, die er niets mee te maken hebben en die de groep vaak op het verkeerde spoor brengen. Dat kan hier in deze casus het geval zijn” (tijd: 15.05).

Voor zover we weten, is deze studie de eerste geweest die de cognitieve processen in probleemgestuurd leren heeft bestudeerd. Zoals reeds eerder is vermeld, is het moeilijk te zeggen of bij grotere groepen de verhouding tussen de categorie scores in de verbale interactie protocollen en de stimulated recall protocollen gelijk zal blijven. Waarschijnlijk zijn er verschuivingen te verwachten omdat de groeps-grootte wel beperkingen oplegt aan het aantal uitingen per student in de verbale interactie, maar geen invloed heeft op de uitgebreidheid van de stimulated recall protocollen.

De theoretische vraag hoe studenten omgaan met anomalieën en of probleemgestuurd leren resulteert in conceptuele verandering kan in positieve zin worden beantwoord. Er moet echter opgemerkt worden dat de classificatie van de protocollenheden soms moeilijk was. Studenten geven informatie over het wel of niet aanvaarden van informatie, maar vaak geven ze geen verklaring voor de gegevens

die zij accepteren. Daarmee wordt het moeilijk om de fijnere onderscheidingen, gesuggereerd door Chinn en Brewer, bijvoorbeeld tussen het uitsluiten en verwerpen van tegenstrijdige gegevens, toe te passen. Onze analyse van het protocol van student A suggereerde dat haar cognitieve representatie van de casus dramatisch veranderde tijdens de gezamenlijke analyse van die casus. Ze begon met een stellige voorkeur voor de verklaring op basis van bloedvergiftiging (sepsis). Daarna echter werd zij regelmatig geconfronteerd met verklaringen door anderen die hiermee tegenstrijdig waren. Haar eerste reactie hierop was om het voorlopig in beschouwing te nemen. Later werden deze gegevens geaccepteerd en leidden zij tot aanvaarding van een nieuwe theorie, die op dat moment gezamenlijk werd geconstrueerd, hetgeen tenslotte leidde tot conceptuele verandering bij A.

Het protocol van student A geeft ook inzicht in een aantal factoren die beïnvloeden hoe mensen omgaan met anomalieën. De factor voorkennis valt vooral op. Achtergrondkennis (kennis eerder geleerd) oefende een grote invloed uit op de constructie van verklaringen. Onderdeel van haar achtergrondkennis was de combinatie van een rode streep op de arm en bloedvergiftiging. Door de overeenkomst tussen deze achtergrondkennis en de casusbeschrijving was het voor haar moeilijk om deze verklaring los te laten. Dit ging echter niet zover dat zij niet open stond voor andere verklaringen. Ook ontologische en kennistheoretische opvattingen speelden hierbij geen herkenbare rol. Deze combinatie van kenmerken van de voorkennis kan verklaren waarom student A haar eerste verklaring opgaf, een verklaring die zij in eerste instantie sterk aanhing.

Een andere factor die bepaalde hoe student A reageerde op de tegenstrijdige informatie is de aanwezigheid van een alternatieve theorie. De excerpten laten zien dat de beschikbaarheid van een alternatieve theorie, het mechanisme van de alternatieve theorie en de kwaliteit van de alternatieve theorie (vooral haar reikwijdte, eenvoud en vruchtbaarheid) een belangrijke rol speelden in het opgeven van oude ideeën. Het is niet duidelijk of de accuraatheid en consistentie van de alternatieve theorie een rol speelden.

De kenmerken van de tegenstrijdige informatie zelf vormden ook een factor die van invloed was op hoe student A omging met deze informatie. Hoe studenten omgaan met anomalieën hangt ook af van de bron van deze informatie. In de stimulated recall protocollen waren soms opmerkingen te vinden over de geloofwaardigheid van de bijdragen van de andere groepsleden. Een ander kenmerk van tegenstrijdige informatie was de ambiguïteit ervan. In probleemanalyse is de informatie soms ambigu. Verder kan tegenstrijdige informatie betekenen dat het meervoudige tegenstrijdige informatie is. Dit kenmerk is vooral belangrijk omdat in een groepsdiscussie de mogelijkheid van confrontatie met meerdere anomalieën groot is. Er is vaak meer en verschillende kennis in een groep, zodat een student geconfronteerd kan worden met meerdere perspectieven en dus meervoudige tegen-

strijdige informatie. In de getoonde excerpten stimuleren meerdere anomalieën student A tot acceptatie van bepaalde informatie.

Een laatste factor die de reactie van een individu op tegenstrijdige informatie beïnvloedt is de strategie die een individu heeft voor het verwerken van deze gegevens. Op een diepe manier verwerken van een anomalie bevordert conceptuele verandering. In het excerpt van student A is het evident dat er een diepe manier van verwerken van tegenstrijdige informatie plaats vindt.

Deze studie onderzoekt slechts de cognitieve veranderingsprocessen tijdens de probleemanalyse fase van probleemgestuurd leren. Deze processen kunnen en zullen zich verder uitstrekken over de latere fasen van zelfstudie en rapportage. Veranderingsprocessen die zijn begonnen in de analysefase, maar nog niet hebben geresulteerd in een substantiële verandering, kunnen voortgang vinden in deze fasen. Onzekerheid over de theorieën of verklaringen die studenten hebben geconstrueerd, kunnen dat vereisen. Door deze onzekerheid worden afgewezen alternatieve theorieën niet volledig aan de kant geschoven, maar moeten door een uitgebreide fase van verificatie gaan tijdens de zelfstudie. Hetzelfde geldt voor die theorieën die zijn geconstrueerd en voorlopig geaccepteerd

Hoofdstuk 7

Probleemanalyse als methode om misconcepties te identificeren

Inleiding

In Hoofdstuk 6 is nader onderzocht wat de cognitieve en metacognitieve processen zijn tijdens probleemanalyse. Uit de analyse van de protocollen van de verbale interactie tijdens probleemanalyse bleek dat het geven van verklaringen centraal stond. Blijkbaar stimuleert probleemanalyse het zelf genereren van verklaringen. In de experimenten uit Hoofdstuk 3, 4 en 5 is de nadruk komen te liggen op de faciliterende werking van het genereren van verklaringen in de groep voor het leren van nieuwe informatie. Zo is in de verschillende onderzoeken gebleken dat wanneer deze voorkennis door middel van probleemanalyse in de kleine groep wordt geactiveerd en wanneer daarop wordt geëlaboreerd dit leidt tot het beter leren van de nieuwe informatie en ook tot een betere integratie van deze informatie in het kennisbestand. Voorkennis kan echter ook belemmerend werken bij het leren en integreren van nieuwe informatie. Op verschillende terreinen is onderzoek gedaan naar de voorkennis van studenten die het leren van nieuwe informatie bemoeilijkt. Dit wordt wel aangeduid met het onderzoek naar misconcepties van lerenden (Smith, diSessa, & Roschelle, 1994). Deze misconcepties zijn met een grote variëteit aan onderzoeksmethoden onderzocht (Pfundt & Duit, 1994). Veel van deze onderzoeksmethoden voor het identificeren van misconcepties zijn uitstekende onderwijsmethoden gebleken (Shuell, 1986; White & Gunstone, 1992). In dit hoofdstuk wordt nagegaan of ook het omgekeerde het geval is, namelijk of een onderwijsmethode zoals probleemanalyse in de kleine groep gebruikt kan worden om deze misconcepties van lerenden te identificeren. Probleemanalyse in de kleine groep vraagt van de studenten op basis van een probleembeschrijving verklaringen te genereren door middel van discussie. De veronderstelling is dat door het construeren van verklaringen de voorkennis geactiveerd wordt en hierop geëlaboreerd wordt en dat daarmee de voorkennis en de kenmerken daarvan expliciet gemaakt wordt.

Het ontstaan van misconcepties

Studenten zijn geen onbeschreven blad wanneer zij nieuwe leerstof leren. Zij hebben reeds allerlei ervaringen en kennis opgedaan die van invloed zijn op de nieuw te leren informatie. Deze kennis van beginners verschilt echter van die van gevorderden op het desbetreffende kennisgebied. Daarom spreekt men bij een beginner ook wel van: preconcepties, alternatieve concepties, naïeve opvattingen, of naïeve theorieën (zie voor een overzicht Smith, diSessa, & Roschelle, 1994). Hier geven we echter de voorkeur aan de term *misconceptie* voor een conceptie van een student, beginner of gevorderde, die een systematisch patroon van fouten produceert. Het onderzoek naar misconcepties heeft een aantal zaken duidelijk gemaakt (Gunstone, 1988; Smith, diSessa, & Roschelle, 1994):

- Misconcepties ontstaan door het voorafgaande leren van studenten op school, of door interactie met de natuurkundige of sociale wereld. Een bekend voorbeeld van een misconceptie die is ontstaan door alledaagse ervaringen in de omgang met de wereld is die over kracht en beweging (Newtons mechanica).
- Misconcepties kunnen stabiel en wijdverspreid zijn onder studenten. Misconcepties kunnen moeilijk te veranderen zijn en men kan er ook sterk aan vasthouden. Misconcepties kunnen optreden voor, maar ook nadat onderwijs op desbetreffend gebied heeft plaatsgevonden. Gunstone (1988) constateert bijvoorbeeld dat veel voorkomende misconcepties vaak opvallend weinig beïnvloed worden door meer traditionele vormen van onderwijs. Zo hebben sommige studenten tegelijkertijd schoolkennis en conflicterende opvattingen die ze daarvoor al hadden.
- Misconcepties interfereren met het leren van nieuwe informatie en met het verkrijgen van expert-kennis op een bepaald kennisgebied.

Wat betreft verklaringen voor het ontstaan van misconcepties bij studenten constateren Fisher en Lipson (1986) dat er binnen de onderzoeksgemeenschap relatief weinig consensus is over de oorzaken; evenmin is er een goede theorie daarover beschikbaar. In de literatuur vindt men hooguit inventarisaties van oorzaken, met daarbij soms enige ordening (Feltovitch, Spiro, & Coulson, 1989; Fischer & Lipson, 1986; Hasweh, 1986, 1988; Linn, 1986). Daarbij wordt verondersteld dat voor misconcepties over het algemeen niet één duidelijke oorzaak kan worden aangewezen. Fischer en Lipson noemen bijvoorbeeld de complexiteit van de te leren leerstof; het feit dat de leerstof conflicteert met de reeds bestaande eigen concepties; de neiging tot vereenvoudiging van de te leren informatie ("mental shortcuts"); het er onvoldoende van bewust zijn of men iets begrepen heeft of niet (gebrekkige metacognitie); het feit dat er complexe relaties kunnen zijn tussen verschillende kennisgebieden, en tenslotte de manier waarop men de leerstof leert, of dit op zo'n manier gebeurt dat er ook een werkelijke integratie is tussen de voorkennis en de nieuwe informatie. Daarnaast kan nog worden genoemd de verwarring tussen omgangstaal en wetenschappelijke taal (Hasweh, 1986). Linn (1986) voegt daar nog aan toe het gebrek aan vereiste voorkennis en het tekort schieten van leerboeken. Feltovitch, Spiro en Coulson (1989) wijzen tenslotte op nog een mogelijke oorzaak van misconcepties, namelijk de gebrekkige kennis over de leerstof bij de docent.

Naast de gesuggereerde oorzaken voor het ontstaan van misconcepties zijn er ideeën waarom dergelijke misconcepties, ondanks onderwijs op het desbetreffende gebied, blijven voortbestaan. Een belangrijke oorzaak hiervoor kan zijn dat de student en/of de docent zich niet bewust zijn van de misconceptie (Hasweh, 1988). Een andere reden die door zowel Hasweh (1986), Linn (1986) als Feltovitch, Spiro en Coulson (1989) wordt genoemd is het feit dat misconcepties een samenhangend geheel vormen: nieuwe misconcepties bouwen voort op reeds be-

Tabel 7.1. Kennisopbouw van osmose.

- 1 De leerling zal een goed begrip dienen te hebben van de drie aggregatietoestanden gas, vloeistof en vaste stof, inclusief de specifieke warmtebewegingen van de deeltjes, van allerlei variaties, waaronder die van oplossingen van gassen of vaste stoffen in vloeistof of van vloeistofmengsels, waarbij de leerling moet inzien wat concentratieverschil betekent
- 2 De leerling moet zich voorstellen wat diffusie is, waarop het berust en waartoe het leidt en daarbij diffusie weten te onderscheiden van stroming.
- 3 Vervolgens dient de leerling de stap naar het mathematische Fick-model te maken. Dit is een vergaande generalisatie en vraagt om allerlei denkvaardigheden zoals het op de goede wijze omgaan met allerlei fysische grootheden en het dynamisch omgaan met de variabelen in onderlinge samenhang, waarbij de complexiteit van de diffusie coëfficiënt genoemd moet worden.
- 4 Vervolgens moet hij zeer snel overstappen naar het fenomeen semi-permeabel vlies en zich daar een voorstelling van maken.
- 5 Hierop volgt de speciale vorm van diffusie, die wij osmose noemen.
- 6 Het begrip osmose wordt al spoedig gekoppeld aan drukverschijnselen, waarvan de leerling het effect op diffusie moet begrijpen.
- 7 Dit resulteert in de definitie van osmotische waarde.

staande misconcepties. Ook in het onderwijs kunnen oorzaken aanwezig zijn voor het voortduren van misconcepties. Zo kunnen evaluatiemethoden die in het onderwijs gehanteerd worden deze misconcepties onvoldoende signaleren. Tenslotte kunnen de strategieën die een docent hanteert om de leerstof voor studenten eenvoudiger te maken (bijvoorbeeld gebruik van analogieën) de misconcepties van studenten bevestigen.

Kortom misconcepties zijn aanwezig bij beginners, maar ook bij gevorderde leerlingen die reeds onderwijs hebben ervaren op desbetreffende gebied. Onderzoek naar misconcepties is op een aantal gebieden uitgevoerd (Pfundt & Duit, 1994). Een belangrijk onderwerp binnen de biologie waar verschillende onderzoeken naar misconcepties zijn uitgevoerd is osmose. Dit onderzoek naar misconcepties bij osmose wordt hier samengevat en ook de onderzoeksmethoden die daarbij gehanteerd zijn. De resultaten van dit onderzoek dienen als referentiekader om vast te stellen of probleemanalyse als onderzoeksmethode voor het identificeren van misconcepties effectief is.

Misconcepties over osmose

Osmose is de diffusie van water door een semipermeabele membraan, zonder dat de in het water opgeloste stoffen aan de diffusie kunnen deelnemen. In het biologieonderwijs op het niveau van het voortgezet onderwijs is osmose een belangrijk onderwerp. Kennis hiervan is noodzakelijk wil men biologische processen zoals wateropname door planten en transport in levende organismen kunnen begrijpen.

Osmose wordt door veel leerlingen echter moeilijk gevonden. Johnstone en Mahmoud (1980a) hebben onderzocht welke van een 15-tal biologie-onderwerpen door leerlingen en docenten uit het voortgezet onderwijs moeilijk werden gevonden. Uit dit onderzoek bleek dat zowel leerlingen als docenten osmose het moeilijkste biologieonderwerp vonden.

Osmose veronderstelt een bepaalde opbouw in kennis, die in Tabel 7.1 is weergegeven. (Dam - Eemnes, 1981, p. 50).

Daar komt nog bij dat bij de toepassing van osmose bij dierlijke en plantaardige cellen kennis van deze cellen verondersteld wordt.

Een belangrijk en omvattend onderzoek naar misconcepties over osmose is het onderzoek dat is uitgevoerd door Johnstone en Mahmoud (1980a). Zij probeerden de misconcepties op te sporen met behulp van een tweetal methoden, namelijk het groepsinterview en vier toetsen van het type juist-onjuist items. Het groepsinterview werd toegepast bij 8 groepen van ieder 6 leerlingen variërend in leeftijd van 15 tot 17 jaar. Twee van de vier toetsen werden gebruikt bij leerlingen van 15 tot 16 jaar, de andere twee werden gebruikt bij leerlingen van 16 tot 17 jaar. De toetsen waren gebaseerd op de resultaten verkregen uit het groepsinterview.

In hun onderzoek identificeerden zij een zestal gebieden met misconcepties bij leerlingen. De eerste misconceptie betreft de onjuiste ideeën van leerlingen over “oplossen”. Leerlingen hadden namelijk geen duidelijk idee over de relatie tussen de op te lossen stof en het oplosmiddel. De oorzaak van deze misconceptie was een simplificatie van de leerstof in een eerdere fase van de opleiding, die nu echter een belemmering werd voor werkelijk begrip. De tweede misconceptie werd veroorzaakt door het onjuist gebruik van de termen “sterk” en “zwak” bij oplossingen. Dit leidde tot het onjuiste idee dat geconcentreerde oplossingen “sterk” genoeg zijn om water weg te zuigen bij de zwakkere oplossing. Een derde misconceptie heeft eveneens te maken met terminologie. Dit is namelijk de verwarring bij beginners wat betreft de stroming die van laag potentiaal naar hoog potentiaal verloopt. Dit gaat in tegen het onderwijs in natuurkunde en scheikunde. Een vierde misconceptie betreft het idee van equilibrium. Zelden was er enig begrip van dynamisch equilibrium bij studenten te vinden. Verder was er verwarring bij leerlingen over de gebruikte tekens voor osmotische druk, cel-wanddruk en waterpotentiaal. Tenslotte slaagden leerlingen er vaak niet in osmose bij planten te begrijpen, ondanks dat ze het laboratoriummodel van osmose wel begrepen. Oorzaak hiervan was de misconceptie bij leerlingen dat wanneer een plant gevoed wordt door de aarde er meer “voedsel” in de aarde moet zitten dan in de plant, d.w.z. de aarde-oplossing zou meer geconcentreerd met opgeloste voedingsstoffen moeten zijn dan de oplossing in de plantencellen.

De verklaringen die Johnson en Mahmoud (1980a; 1980b) geven voor het ontstaan van deze misconcepties zijn kort samengevat: 1. gebrek aan de noodzakelijke

kennis van de natuurkunde; 2. onjuist gebruik van terminologie. 3. het niet kunnen toepassen van eerder geleerde kennis; 4. gebruik van verwarrende tekens; 5. oversimplifikatie van leerstof. 6. het feit dat osmose een complex begrip is en abstract redeneren vereist. Een gevolg van deze zaken is volgens Johnstone en Mahmoud (1980a; 1980b) dat leerlingen (op het macroniveau) enige vuistregels leren zonder enig begrip van de verschijnselen. Men komt niet toe aan verklaringen op het microniveau, oftewel moleculair niveau.

In een onderzoek bij studenten heeft Murray (1983) misconcepties geïdentificeerd wat betreft de centrale begrippen voor osmose, namelijk concentratie, semi-permeabiliteit, en druk. Murray onderzocht hoe stabiel deze misconcepties zijn ondanks onderwijs op desbetreffende gebieden. Uit de onderzoeksresultaten bleek dat het begrip concentratie aanvankelijk nogal wat misconcepties opleverde, maar dat onderwijs erin tot gevolg had dat veel van deze misconcepties verdwenen. Het begrip semi-permeabiliteit, het onderscheid daarvan met vrij permeabel en impermeabel en de toepassing van het begrip semi-permeabel waren voor de studenten aanzienlijk moeilijker, ondanks onderwijs daarin. Volgens Murray wordt dit enerzijds veroorzaakt door het feit dat het verschijnsel semi-permeabel niet direct waarneembaar is. Een andere reden is dat er in het onderwijs onvoldoende onderscheid wordt gemaakt tussen experimenten welke semi-permeabele en impermeabele membranen gebruiken. Tenslotte is er het begrip "druk" in osmotische verschijnselen. Uit het onderzoek bleek dat bijzonder weinig studenten, ook na onderwijs, hier iets van begrepen. Volgens Murray wordt dit veroorzaakt doordat misconcepties over dit begrip ontstaan door het verwarren van de betekenis van het begrip druk in de omgangstaal met dat van de wetenschappelijke taal. Een andere oorzaak voor misconcepties over het begrip druk is dat in de biologie zelf er ook onduidelijkheid is over dit begrip.

Friedler, Amir en Tamir (1987) hebben onderzoek gedaan naar misconcepties over osmose bij leerlingen in het voortgezet onderwijs. Een vijftal verschillende onderzoeksmethoden werden hiervoor gebruikt, namelijk: 1. een vragenlijst waarin een vijftiental begrippen opgenomen was (osmose en andere gerelateerde begrippen) en waarbij aan de leerlingen werd gevraagd om aan te geven of ze deze begrippen hadden bestudeerd; 2. dezelfde vragenlijst werd ook zo gebruikt dat leerlingen konden aangeven of en in welke mate ze deze begrippen begrepen hadden; 3. een toets met items van het type juist/onjuist; 4. de opdracht definities te formuleren over osmose en diffusie; 5. een individueel interview. Uit de onderzoeksresultaten bleek ten eerste dat de meest frequente verklaring die door leerlingen werd gegeven voor het osmotisch proces een teleologische verklaring is: een wens of motief van de betrokken stoffen om te komen tot het gelijkmaken van concentraties. Studenten schijnen volgens Friedler, Amir en Tamir te geloven in het bestaan van een motief, net als menselijke motieven, die de kracht levert welke de watermoleculen beweegt. Een tweede onderzoeksresultaat was dat hoewel veel

studenten het begrip waterconcentratie kunnen herkennen slechts weinigen het kunnen toepassen om osmose te verklaren. Een ander resultaat van het onderzoek was dat de meeste leerlingen misconcepties hebben over de aard van een evenwilibrium. Verder hebben de leerlingen speciaal moeite met het begrijpen van osmotische relaties in planten door de introductie van extra begrippen zoals celvacuole en celwand, welke het systeem complexer maken. Daardoor worden verschijnselen als plasmolyse vaak niet goed begrepen. Ook hebben veel leerlingen moeite met het begrijpen van de relatie tussen de op te lossen stof en het oplosmiddel en concentratie-kwantiteit relaties. Tenslotte bleek uit de onderzoeksresultaten dat leerlingen laboratorium-experimenten kunnen uitvoeren, zonder werkelijk begrip van de onderliggende principes. Friedler, Amir en Tamir (1987) staan vooral stil bij de inventarisatie van misconcepties. Factoren van belang voor het ontstaan en voortduren van misconcepties worden bij hen slechts in beperkte mate gekoppeld aan de door hun gevonden misconcepties.

Amir, Frankl en Tamir (1987) onderzochten bij het onderwerp osmose hoe effectief de onderzoeksmethode multiple choice vragen (met daaraan gekoppeld de instructie tot het geven van rechtvaardiging van het gekozen alternatief) is voor het identificeren van misconcepties. Dit onderzoek werd uitgevoerd bij leerlingen uit het voortgezet onderwijs. Uit dit onderzoek bleek dat veel leerlingen het begrip waterconcentratie niet begrepen en dat veel rechtvaardigingen van het proces van osmose de kenmerken hadden van teleologische verklaringen.

97

Odom (1995) tenslotte onderzocht of misconcepties over osmose niet alleen voorkomen in het voortgezet onderwijs, maar of ze ook voorkomen bij biologiestudenten die reeds uitgebreid onderwijs op dit gebied hebben gehad. Uit dit onderzoek bleek dat zelfs bij gevorderde biologiestudenten misconcepties aanwezig waren op het gebied van osmose.

De in bovenstaande vermelde onderzoeken zijn expliciet gericht op het verschijnsel osmose, daarnaast kunnen echter nog de resultaten van onderzoeken vermeld worden die gericht zijn op het opsporen van misconcepties op deelaspecten van het proces osmose. Zo zijn er bijvoorbeeld misconcepties geïdentificeerd wat betreft diffusie (Marek, 1986) en het begrip cel (Dreyfus & Jungwirth, 1988; Dreyfus, Jungwirth, & Eliovitch, 1990).

Uit de resultaten van in bovenstaande beschreven onderzoeken naar misconcepties bij osmose blijkt dat er nogal wat misconcepties over dit onderwerp bij leerlingen aanwezig zijn. Zowel bij beginners als bij meer gevorderde leerlingen. Dus ondanks onderwijs op het gebied van osmose blijft er bij lerenden een gebrekkig begrip van het biologische proces wat eraan ten grondslag ligt.

Tevens blijkt uit de onderzoeken dat er een variatie aan onderzoeksmethoden zijn gebruikt voor het identificeren van misconcepties, zoals onder andere groepsinterview, juist-onjuist toetsen met rechtvaardigingen, multiple choice vragen, vragenlijsten en individuele interviews. In de literatuur vindt men een grote variatie van

deze onderzoeksmethoden (Pfundt & Duit, 1994) waarbij overigens opvalt dat individuele interviews overheersen. De nadruk die door Johnstone en Mahmoud (1980a; 1980b) werd gelegd op het groepsinterview in plaats van het individuele interview is voor deze studie van belang. Zij constateerden namelijk dat de discussie en interactie in het groepsinterview vaak het meest waardevolle is wat betreft het leveren van aanwijzingen voor misconcepties. In misconceptie onderzoek wordt in toenemende mate de nadruk gelegd op onderzoeksmethoden die gebaseerd zijn op interactie voor het vaststellen van de concepties van studenten (Pfundt & Duit, 1994). Van belang voor het onderzoek waarover in dit Hoofdstuk wordt gerapporteerd is een suggestie van Shuell (1986). Shuell meent namelijk dat onderzoeksmethoden voor het identificeren van misconcepties gebruikt zouden kunnen worden als onderwijsmethoden. Gunstone (1988) wijst erop dat sommige methoden die zijn gebruikt voor het onderzoeken van de cognitieve structuur van studenten uitstekende onderwijs/leerstrategieën zijn. Voorbeelden hiervan zijn 1. de predict/observe/explain methode en concept-mapping. Deze laatste methode wordt ook in probleemgestuurd leren gebruikt (De Grave & Frijns, 1993).

Probleemanalyse is een onderwijsmethode, die potentieel ook geschikt lijkt te zijn als onderzoeksmethode om misconcepties te identificeren. De veronderstelling is namelijk dat door het genereren van verklaringen in een kleine groep elaboratie sterk gestimuleerd wordt, waardoor in de geconstrueerde verklaringen de aard van de voorkennis zichtbaar wordt en daarmee ook de misconcepties bij lerenden die van invloed kunnen zijn op het verdere leerproces.

In het in dit hoofdstuk beschreven onderzoek werd de methode probleemanalyse in kleine groepen gebruikt om de misconcepties die leerlingen en studenten hebben omtrent osmose te identificeren en om na te gaan of probleemanalyse in de kleine groep een geschikte methode is om misconcepties te identificeren. In een experiment werd aan groepjes middelbare scholieren zonder en met specifieke voorkennis (beginners en gevorderden) en aan eerstejaars hbo studenten (gevorderden) een probleem voorgelegd met als opdracht via discussie zoveel mogelijk verklaringen te bedenken voor de verschijnselen in de probleembeschrijving. Deze discussies werden op geluidsband opgenomen. Via analyse van de protocollen werden concepties die de leerlingen en studenten hebben van onderliggende processen of mechanismen voor de verschijnselen, opgespoord. Voor dit experiment werd een biologisch onderwerp genomen dat onderdeel uitmaakt van het VWO curriculum.

Methode

Proefpersonen waren 22 derdeklassers en 21 vierdeklassers van een atheneum. Gemiddelde leeftijd van de derdeklasse scholieren was 14,9 jaar, die van de vierde-

klassers 16,1 jaar. Het betrof dezelfde proefpersonen als die deelnamen aan het in Hoofdstuk 3 beschreven onderzoek. De proefpersonen uit de derde klas hadden geen specifieke kennis van osmose en diffusie, alhoewel ze de beschikking hadden over algemene biologische kennis, waaronder globale kennis van de structuur van cellen. Ze worden hier verder beginners genoemd. De vierdeklassers hadden het onderwerp enige weken daarvoor gehad, zij waren de gevorderden in dit onderzoek.

Een derde groep proefpersonen waren 22 studenten aan twee instellingen voor hoger beroepsonderwijs die bezig waren aan hun eerste jaar. Het betrof dezelfde proefpersonen als die deelnamen aan het in Hoofdstuk 4 beschreven onderzoek. In dit onderzoek worden zij evenals de vierdeklassers VWO gevorderden genoemd. De gemiddelde leeftijd van deze studenten was 18,7 jaar. Allen waren in het bezit van een HAVO-diploma en waren geëxamineerd in het vak biologie. De proefpersonen ontvingen een vergoeding voor hun medewerking.

Materiaal

Het materiaal bestond uit een beschrijving van het rode bloedcelprobleem, dat ook in het onderzoek waarover in Hoofdstuk 3 en 4 is gerapporteerd werd gebruikt.

Procedure

Beginners, gevorderden en hbo-studenten werden binnen hun eigen conditie aselect in kleine groepen van ongeveer gelijke grootte (5 à 6 studenten) ingedeeld. Aan elk van deze groepen werd een proefleider toegewezen. Deze legde kort uit wat er van de proefpersonen verlangd werd, aan de hand van een geschreven voorbeeld. Het voorbeeld voor beginners en gevorderden bestond uit het onweer probleem. In dit probleem werden verschijnselen van onweer beschreven die verklaard dienden te worden. Voor de HBO studenten bestond dit voorbeeld uit een beschrijving van het gedrag van een plant die zuurstof afgeeft bij daglicht, maar niet in het donker. Deze problemen werden geanalyseerd vanuit verschillende perspectieven en er werden een aantal mogelijke verklaringen besproken. De proefleider betrok de proefpersonen actief bij zijn uitleg om er zeker van te zijn dat zij begrepen wat er straks van hen verlangd zou worden bij de analyse van het bloedcelprobleem. Hij benadrukte dat van hen verwacht werd verklaringen te bedenken voor het probleem en die verklaringen kritisch te bediscussieren. Ze werden aangemoedigd alles wat er bij hen opkwam naar voren te brengen. Deze introductie nam 5 tot 10 minuten in beslag. Vervolgens kregen de proefpersonen 15 minuten om verklaringen te bedenken voor het bloedcelprobleem. De proefleider fungeerde daarbij als gesprekleider, die de productie van ideeën stimuleerde en deze van tijd tot tijd samenvatte. De discussie werd op band opgenomen om na te gaan of de proefleider geen informatie over het probleem verschaftte. Geen van de

groepen had meer dan 10 minuten nodig voor de analyse van het probleem. De geluidsbanden werden na afloop uitgetypt en de resulterende protocollen vormden de basis voor meer gedetailleerde analyses.

Resultaten

Concepties van beginners

De beginners moesten een verklaring construeren voor het bloedcelprobleem. Zij hadden geen onderwijs gehad in diffusie en osmose, maar zij beschikten wel over basale kennis van de cel. Op basis van deze onvolledige kennis werd door redeneren, door op elkaar voort te bouwen of door elkaar te kritiseren verklaringen geconstrueerd. In de protocollen van de verbale interactie vinden we de verschillende verklaringen terug, tezamen met andere verbale uitingen van studenten (zie de categorieën verbale uitingen genoemd in Hoofdstuk 6). In de analyse van de protocollen zijn wij meer geïnteresseerd in de verklaringen dan in deze aanvullende informatie. Om een indruk te geven op welke wijze door beginners verklaringen werden gegeven voor het bloedcelprobleem, volgt nu een fragment uit het protocol van een discussie bij een groep met beginners (N).

100

Proefleider (P): "Tja, wil iemand daar wat over zeggen?" (stilte gedurende enige seconden) " 't Is moeilijk, hè".

Proefpersoon 1 (Pp1): "Ja, het enige wat ik weet is dat er twee bloedlichaampjes zijn, een rode en een witte, hè,"

P: "Ja..."

Pp1: "Dat was het enige."

P: "En hier gaat het blijkbaar over een rood bloedlichaampje; een van die twee. Kan iemand uitleggen wat ermee gebeurt?"

Pp2: "In zout, daar droogt hij misschien uit."

P: "Ja..."

Pp2: "Dat het daarom krimpt."

P: "Ja, je zegt..."

Pp2: "Zout onttrekt... eh... onttrekt vocht, want dat is ook als je bijvoorbeeld een wijnvlek in een tafelkleed hebt, dan gooi je er gelijk zout op, en dat neemt dat dan op, dan gaat het uit het tafellaken. Dus ik denk dat dan (...) bij het bloedlichaampje, als het in het zout is dat het zout ook het bloed onttrekt aan de bloedcel, en dat die daarom krimpt".

(Gedeelte uit protocol beginners (N3, pag. 1)

Het bloedcelprobleem is blijkbaar complex voor de studenten, want zij delen het probleem op in deelproblemen. Zo genereren zij afzonderlijk verklaringen voor

het zwellen (en barsten) en voor het verschrompelen van de rode bloedcel. Om een indruk te krijgen wat voor verklaringen er worden gegeven voor de twee verschillende condities waarin de bloedcel zich bevindt zijn deze gedestilleerd uit de verschillende protocollen van de beginners.

In de Tabellen 7.2 en 7.3 zijn deze verklaringen voor het bloedcelprobleem weer gegeven. Daar deze verklaringen telkens deelverklaringen zijn voor de twee afzonderlijke situaties zwellen en ineenkrimpen van de bloedcel, zijn de verklaringen op deze wijze geordend.

Tevens is er een conceptie die gaat over zwellen en inkrimpen van de rode bloedcel. Op basis van de opvatting dat de rode bloedcel poreus is werd geconstateerd: "Ja het water kan erin en eruit, of zuurstof en daarom kan het ook opzwellen en inkrimpen." (N1, pag. 4).

Kenmerkend voor deze door leerlingen gegenereerde ideeën is dat het allemaal partiële verklaringen zijn, in de zin dat of het zwellen of het inkrimpen van de bloedcel wordt verklaard. De relatie tussen verklaringen voor beide verschijnselen komt slechts nu en dan aan de orde. Een gevolg hiervan is dat zuurstof als verklaring voor het zwellen rustig naast zout voor het inkrimpen wordt gesteld, zonder de relatie ertussen te problematiseren. Blijkbaar is het probleem voor de beginners zo complex dat hun niets anders overblijft dan het probleem in subproblemen op te delen.

De verklaringen die voor de deelproblemen worden gegeven zijn onjuist of onvolledig. De meeste onjuiste ideeën worden slechts een enkele keer genoemd. Een conceptie die vaker terugkomt is het idee dat zout water aantrekt hetgeen verwijst naar de hygroscopische eigenschappen van zout (zie concepties: zwellen: 2 en 26; krimpen: 3, 5, 7, 8). Deze verklaring heeft een sterke basis in ervaringskennis en af en toe een verwijzing naar schoolkennis.

Zout onttrekt, want dat is ook als je bijvoorbeeld een wijnvlek in het tafelkleed of zoiets hebt, dan gooi je er gelijk zout op en dat trekt dat zout en neemt dat dan op, dus dan gaat het uit het tafellaken, dus ik denk dat wanneer het bloedlichaampje in het zout is, dat het zout ook het bloed onttrekt aan de bloedcel en dat hij daarom inkrimpt. (N3, pag. 1)

Gezien het veel voorkomen van deze conceptie en doordat deze geworteld is in observaties lijkt dit een moeilijk te veranderen conceptie van de beginners.

Een ander soort verklaring die meerdere keren in de protocollen voorkomt, gaat over de onmogelijkheid van het barsten van de rode bloedcel. Het barsten van de bloedcel is blijkbaar strijdig met de intuïtie van de studenten (zwellen concepties: 6, 14, 16, 24). "Als je er meer cellen in zou doen, dan zou hij niet zo kapot gaan, bij veel cellen neemt ieder wat en als er maar een is neemt hij teveel (zuurstof) op". (N1, pag.2). Daarom geeft men verklaringen in de zin van: "de bloedcel is maar alleen, bij meerdere bloedcellen of in het lichaam barst hij niet." (N3, pag.2) Bij deze verklaringen gebruikt men intuïties en algemene kennis over het lichaam.

Tabel 7.2. Concepties voor het zwellen/barsten van de bloedcel.

- 1 "Hij neemt het water op, en omdat het zoveel water is, ja dan springt hij kapot". (N1, pag.1)
- 2 "Ik denk dat het zout er iets mee te maken heeft". (N1, pag.1)
- 3 "En ja hoe het precies komt weet ik ook niet. Ik denk dat het iets anders is. Dat het niet het vocht is, maar dat het met het water, wat in het water zit, iets te maken heeft. (N1, pag. 1)
- 4 "Misschien zitten in het water bepaalde voedingsstoffen of zo, dat de bloedcel teveel opneemt en dat die dan kapot springt". (N1, pag.1)
- 5 "Ik denk dat hij door de zuurstof kapot gaat ". (N1, pag.2)
- 6 " Als je er meer cellen in zou doen, dan zou hij niet zo kapot gaan, bij veel cellen neemt ieder wat en als er maar een is neemt hij teveel(zuurstof) op". (N1, pag.2)
- 7 "Ja dat bloedlichaampje zal wel poreus zijn, dat water erin en eruit kan, of zuurstof en daarom kan het bloedlichaampje opzwellen en inkrimpen". (N1, pag. 4)
- 8 "Misschien heeft dat bloedlichaampje een soort ventiel". (N1, pag. 5)
- 9 "Wanneer nou iets alleen maar een bepaalde tijd heeft, net zoals een vis die kuit schiet en dan gaat hij dood, misschien is dat hetzelfde". (N1, pag.5)
- 10 "Die wand zal wel elastisch zijn en als ze zover is uitgerekt dat ze dan niet meer verder kan uitrekken, als een ballon". (N1, pag. 5)
- 11 "Ik denk dat er meer water in komt als er uit kan. En dat hij dan groter wordt "(N1, pag.5)
- 12 "Ik denk eerder dat er niet water in dat bloedlichaampje gaat, maar dat er zuurstof in komt. Omdat dat lichaam, dat heeft zuurstof nodig. Waar laat je die zuurstof dan. Want ik denk in het lichaam heeft de bloedcel ook de taak om zuurstof op te nemen en te vervoeren en dat die bloedcel dat in water ook wil doen en dat hij dan kapot gaat."(N1, pag. 6.)
- 13 "Ik denk dat die rode bloedcel dat water dan opneemt en als hij dan zo vol zit dat hij kapot springt". (N2, pag. 1)
- 14 "Van dat water, dat kan volgens mij helemaal niet want in dat bloed, dat kan toch niet dan spring je toch niet kapot". (N2, pag 1)
- 15 "Als je een ballon opblaast dan springt hij ook ". (N2, pag. 2)
- 16 "In de bloedvaten daar zit geen zuiver water in daar drijven allemaal rode bloedcellen in want anders zouden ze allemaal kapotspringen". (N2, pag. 2)
- 17 "Ik denk dat hij van alle kanten tegelijk water oppakt, en dan komt het bij elkaar in het midden of zo en dan steeds meer, en dan ploft hij uit elkaar, kan hij het niet meer houden". (N2, pag. 3)
- 18 "Ik denk dat het gewoon een aantrekkingskracht heeft dat het bij zich blijft zitten". (N2, pag. 4)
- 19 "Ja er zal wel een of andere chemische of scheikundige verklaring voor zijn. Ja ik denk dat het gewoon ligt aan het soort stof waar hij uit bestaat". (N2, pag. 4)
- 20 "Misschien bestaat die rode bloedcel uit allerlei kleine deeltjes die dat water allemaal opzuigen en dan hebben ze geen plaats meer, dus ze zwellen allemaal een beetje op en dan zwellen ze zoveel op dat ze mekaar weg duwen en dat gaat dan zover dat ze op het laatst uit mekaar springen". (N2, pag. 4)
- 21 "Misschien dat er ook iets van kleppen inzitten, dat het wel erin kan maar niet eruit kan. (N2, pag. 4)
- 22 "Als een bloedcel in water komt dat het dan juist opneemt. Dat het daardoor teveel opneemt en dat de wand van de cel het niet kan houden, en spat en dat het daardoor springt". (N3, pag. 1)
- 23 " In de biologie, die rode bloedlichaampjes die ja vervoeren toch van alles en denken ze ook dat ze water moeten vervoeren en proberen ze dat allemaal op te nemen. "(N3, pag. 1)
- 24 "Want anders zijn ze met meer bloedlichaampjes in een ruimte of zo als ze het vervoeren, dus dan neemt iedereen wat op maar als je dan maar een bloedlichaampje in water dan... ja dan blijft hij volgens mij opnemen en dat hij daardoor springt. (N3, pag. 2).
- 25 "Het bloedlichaampje is poreus", (daardoor kan er water inkomen) (N3, pag. 2).
- 26 "Ik denk dat er zout in dat celletje zelf zit, omdat die dat opnemen of zo" (N3, pag. 4).

Tabel 7.3. Concepties over het inkrimpen van de bloedcel.

- 1 "Ja ik denk dat in die zoutoplossing, dat die bloedcel zout opneemt en dan inkrimpt". (N1, pag. 1)
- 2 "Dat dan een andere reactie geeft dan zout met water, omdat in zout zit geloof ik NaCl of zo en chloor zit geloof ik ook in water en als het dan samen teveel wordt of zo dat die bloedcel er niet meer tegen kan en dat hij dan ineenschrompelt."
- 3 "Misschien is het zo dat zout het vocht eruit haalt, dat het water aantrekt"
- 4 "Dat hij dat zout, dat hij daar gewoon door wordt aangetast". (N2, pag. 1)
- 5 "Doordat zout wordt er water aan onttrokken" (N2, pag. 1)
- 6 "Het water, waarin dat zout is opgelost is nog altijd zouter dan dat water in die rode bloedcel, dus ik denk toch dat dat wordt onttrokken aan die bloedcel." (N2, pag. 3)
- 7 Ik denk zout neemt zelf ook water op en dat trekt ook water aan, dus daardoor zal het ook water onttrekken aan die rode bloedcel" (N2, pag. 4)
- 8 "Zout onttrekt, want dat is ook als je bijvoorbeeld een wijnvlek in het tafelkleed of zoiets hebt, dan gooi je er gelijk zout op en dat trekt dat zout en neemt dat dan op, dus dan gaat het uit het tafellaken, dus ik denk dat wanneer het bloedlichaampje in het zout is, dat het zout ook het bloed onttrekt aan de bloedcel en dat hij daarom inkrimpt. (N3, pag. 1)
- 9 "Zout water geeft een grotere druk dan gewoon water" (N3, pag. 3)
- 10 "Ja maar toch moet die druk van buiten groter zijn dan in de cel anders kan hij niet inkrimpen." (N3, pag. 4)

Voor verschillende andere concepties grijpt men terug op metaforen en analogieën. Zo vindt men herhaaldelijk de metafoor van de ballon voor het zwellen van de bloedcel (zie zwellen: concepties nr.: 10, 15) en het elastische karakter van de membraan van de bloedcel. Verder wordt het zwellen van de cel geassocieerd met een spons (zwellen conceptie nr.: 20). Een zelfde conceptie werd ook door Johnstone en Mahmoud (1980a; 1980b) gevonden. Over het membraan van de bloedcel zijn ook terugkerende voorstellingen, zoals poreus (zwellen: conceptie nr.7, 25) en verder ventiel (zwellen concepties nr.8) en kleppen (zwellen conceptie nr. 21). "Misschien dat er ook iets van kleppen inzitten, dat het wel erin kan maar niet eruit kan". (N2, pag. 4)

Voor het verklaren van het zwellen van de bloedcel wordt verder gebruik gemaakt van meer specifieke kennis uit de biologie zoals ze deze op school geleerd hebben. Zoals kennis over de functie van rode bloedlichaampjes; namelijk vervoer van zuurstof. Deze kennis wordt gebruikt in de zin van analoog redeneren, bijvoorbeeld de conceptie die stelt dat rode bloedcellen tot taak hebben om zuurstof op te nemen en dat ze dan ook wel tot taak hebben om water op te nemen. (zwellen concepties nr. 12, 23). Tevens wordt deze kennis gebruikt voor het vinden van oorzaken (zie concepties 3, 4, 5).

Ik denk eerder dat er niet water in dat bloedlichaampje gaat, maar dat er zuurstof in komt. Omdat dat lichaam, dat heeft zuurstof nodig. Waar laat je die zuurstof dan? Want ik denk in het lichaam heeft de bloedcel ook de taak om zuurstof op te nemen en te vervoeren en dat die bloedcel dat in water ook wil doen en dat hij dan kapot gaat. (N1, pag. 6)

Verder kenmerken verschillende concepties zich door de vorm waarin ze gesteld zijn. Allereerst betreft dit de vorm van teleologische en antropomorfe verklaringen. Een curieus voorbeeld van een teleologische verklaring is: (krimpen conceptie nr.9) "Wanneer nou iets alleen maar een bepaalde tijd leeft,... net zoals een vis, die schiet kuit en dan gaat hij dood. Misschien is dit hetzelfde" (N1, pag.5) Teleologische en antropomorfe verklaringen werden ook frequent door Friedler, Amir en Tamir (1987) gevonden.

Het is voor de beginners moeilijker een wat complexer verklaringsmodel te construeren. Een conceptie waarin een zo'n verklaringsmodel wel enigszins aan bod komt, is de conceptie waarin gesproken wordt van druk. "Ja maar toch moet die druk van buiten groter zijn dan in de cel anders kan hij niet inkrimpen." (N3, pag. 4)

Naast deze overeenkomsten tussen de protocollen is er een variatie aan opvattingen over de oorzaken van het gedrag van de bloedcel in de twee verschillende condities.

Wanneer deze concepties vergeleken worden met de beschreven kennisopbouw van osmose, dan vallen de volgende zaken op:

1. Kennis over de materie en over oplossingen wordt niet of nauwelijks teruggevonden. Uitzondering is de nadruk op de hygroscopische eigenschappen van zout als verklaring voor de verschijnselen, waarbij men echter voorbij gaat aan het feit dat er sprake is van een zoutoplossing. Eén keer vindt men in een protocol een opmerking over de aard van oplossingen: "Ja maar hier staat dat het zout, dat is al in de oplossing, dus er zit al water eigenlijk in het zout, dus het zout lost op in water, dus het neemt al water op van die oplossing zelf." (N2, pag. 3). Het begrip concentratie komt men in de protocollen niet tegen.

2. Verwijzingen naar diffusie en welke factoren daarbij een rol spelen ontbreken in de protocollen.

3. Concepties over de celmembraan (functies en kenmerken) zijn in de protocollen uitsluitend te vinden in de zin van analogieën en metaforen.

4. In de concepties voor de verklaringen van het bloedcelprobleem is al geconstateerd dat men onjuiste of onvolledige ideeën heeft over de oorzaak van osmose.

5. Wat betreft de relatie van osmose met drukverschijnselen: in slechts één protocol is er sprake van de introductie van het begrip druk voor de verklaring van de verschijnselen.

Het probleemoplossingsgedrag van de beginners bij het bloedcelprobleem komt op een aantal punten overeen met wat we weten uit onderzoek naar het leren van

beginners. Allereerst is er de complexiteit van het probleem. In de protocollen hebben we gezien tot wat voor soort probleemoplossingsgedrag dit heeft geleid. Dit type probleemoplossingsgedrag kan een fixatie op deelaspecten van het probleem tot gevolg hebben, waardoor men de onderliggende mechanismen niet kan herkennen. Een dergelijk probleemoplossingsgedrag is kenmerkend voor beginners in vergelijking tot experts. Het komt overeen met resultaten van onderzoek naar het oplossen van medisch diagnostische problemen, waarin bleek dat middelmatig ervaren medische studenten een beschrijving van klachten en symptomen van een patiënt opdeelden in afzonderlijke klachten en voor elk van de klachten “mini-theorietjes” ontwierpen, terwijl experts zochten naar concepten die de klachten in hun onderlinge samenhang konden verklaren (Boshuizen, Schmidt, Coughlin, 1987).

Een ander kenmerk van beginners is dat ze zich vooral op de perceptuele kenmerken van een probleem richten, terwijl experts een probleem representeren op een meer diepgaand en abstract niveau (Chi, Glaser, & Farr, 1989). Dit gegeven wordt ook weer teruggevonden in de verschillende protocollen. Beginners zijn sterk gericht op de waarneembare aspecten aan het rode bloedcelprobleem. Zij zijn sterk gericht op verklaringen voor het zwellen, barsten en krimpen.

De verklaringen die de beginners geven zijn onjuist of onvolledig, met andere woorden we hebben hier te maken met misconcepties. Deze misconcepties zijn echter geconstrueerde misconcepties. Deze misconcepties maken geen deel uit van het kennisbestand van de leerlingen, maar zijn het resultaat van elaboraties. In dit onderzoek bij beginners hebben we te maken met geconstrueerde misconcepties op basis van het aan de leerlingen gepresenteerde bloedcelprobleem.

105

Concepties van gevorderden

De gevorderden (oudere vwo leerlingen en hbo studenten) hadden het onderwerp osmose reeds in hun studie gehad. Voor de vwo leerlingen was dat wat korter geleden, voor de hbo studenten was dat beduidend langer geleden. Zij hadden dus systematische kennis verkregen op het gebied van osmose. Zij moesten nu op basis van het bloedcelprobleem hun kennis omtrent de onderliggende processen en mechanismen van osmose toepassen.

De verklaringen van de gevorderden zijn anders van karakter dan die van de beginners.

Het volgende gedeelte is afkomstig van een groep gevorderden.

Proefleider: Zou iemand dit kunnen samenvatten?

Proefpersoon: "Je hebt te maken met twee tegenover elkaar gestelde problemen, het knappen van de bloedcel of het inkrimpen. Dat knappen en inkrimpen van een bloedcel dat gebeurt naar aanleiding van bepaalde concentratieverschillen binnen en buiten de cel. Als een bloedcel knapt dan komt dat omdat er binnen de cel een hogere concentratie heerst dan buiten de cel, waardoor door middel van osmose water naar de cel wordt getransporteerd. Bij het andere geval is er sprake van dat er buiten de cel een hogere concentratie is waardoor vanuit de cel water naar buiten gaat en dan krimpt hij weer ineen"

(G2, pag. 3)

De gevorderden passen een oplossingsstrategie toe die eruit bestaat een theorie te construeren die de verschillende fenomenen met behulp van een of twee principes verklaart, zoals in het hierboven weergegeven fragment.

De verklaringen echter die voor het bloedcelprobleem gegeven worden, zijn hoofdzakelijk op het macroscopisch niveau, terwijl een begrip van de relatie tussen macroscopisch en microscopisch niveau essentieel is voor een goed begrip van osmose (Berkheimer, Anderson, & Spees, 1988; Kapteyn, 1990; Lijnse, et al., 1990). Typen verklaringen op macroscopisch niveau zijn bijvoorbeeld de verklaring van osmose in termen van concentratiegradiënt (Johnson & Mahmoud 1980a; 1980b). In bovenstaand fragment vinden we een dergelijke macroscopische verklaring. De protocollen van de groepen met studenten vertonen op veel punten gelijkenis met de protocollen van de gevorderde vwo-ers. Ze komen sterk overeen met wat bij de discussies in de groepen met gevorderden te vinden is wat betreft aard en niveau van verklaringen (nadruk op macroscopisch niveau). Dat de nadruk ligt op de macroscopische verklaring blijkt uit verschillende fragmenten van de protocollen van gevorderden. Vooral wordt dit duidelijk wanneer er gesproken wordt over diffusie. Dit begrip wordt verduidelijkt door terug te gaan naar een experiment, beschreven in de biologieboeken, waarin een bak met water is en een schot ertussen. "Een grote bak met een schot ertussen en twee verschillende stoffen. Je haalt het schot er weg zodat die stoffen in elkaar kunnen vloeien. "Het volgende fragment illustreert de sterke nadruk op het macroscopische (waarneembare) niveau van verklaring van diffusie.

Maar hoe vindt die diffusie plaats?

Dat kan je gemakkelijk zien als je bijvoorbeeld een glas neemt en je giet er heel voorzichtig wat ranja in en als je dat even laat staan dan zal dat hele glas precies dezelfde kleur krijgen. (G2, pag. 2)

In de protocollen van de gevorderden zijn verschillende misconcepties vast te stellen. Zo zien we ook bij gevorderden concepties in de vorm van teleologische verklaringen. “Maar het streven om al die cellen in leven te houden is natuurlijk wel dat die concentraties gelijk zijn en daarom trekt dat naar elkaar toe”. Vaak vindt men in de protocollen de verklaring dat het concentratieverschil de oorzaak van osmose is, met daaraan toegevoegd: “en er is een streven om de concentraties gelijk te maken” (Friedler, Amir, & Tamir, 1987; Amir, Frankl, & Tamir, 1987).

Perkins en Simons (1988) noemen een drietal zaken waar studenten, die net kennis op een bepaald gebied hebben verworven, problemen mee kunnen hebben. 1. ongedifferentieerde begrippen en begrippen waarvan het belang onjuist wordt ingeschat; 2. problemen met vermenging van de net verkregen kennis, en 3. moeilijkheden in de toegankelijkheid van de verkregen kennis. Deze zaken kunnen we in de protocollen van de groepen gevorderden constateren: zo wordt er bijvoorbeeld niet altijd een goed onderscheidt gemaakt van begrippen zoals osmose en diffusie (zie ook Friedler, Amir, & Tamir, 1987; Marek, 1986).

In onderstaand fragment uit een protocol van gevorderden staat het onderscheid tussen diffusie en osmose centraal:

PL: Dus er gaat alleen maar water doorheen door dat membraan.

Pp1: Ja, dus is het diffusie

Pp2: Nee, osmose

Pp1: Bij diffusie is er sprake van een wand

Pp2: Nee dat is uitwisseling van stoffen

Pp3: Ja, maar niet door een semi permeabele wand

Osmose is met behulp van een semi permeabele wand.

Pp4: Bij diffusie worden twee stoffen bij elkaar gevoegd

Pp2: Osmose gaat alleen met water dacht ik

(Fragment uit G1, pag., 2/3)

107

Een begrip waarover in de protocollen ook veel verwarring is te vinden is het begrip concentratie, waarbij de termen zoutconcentratie en waterconcentratie door studenten gebruikt worden (zie ook Amir, Frankl, & Tamir, 1987; Friedler, Amir, & Tamir, 1987; Johnsson & Mahmoud 1980a; 1980b). Het volgende fragment illustreert deze verwarring.

Pp1. Dan is er juist het tegenovergestelde aan de hand. Dan gaat al het water uit de bloedcel en schrompelt hij ineen.

Pp2. Dus dat betekent dat die bepaalde concentratie van het water veel groter moet zijn.

Pp3. Nee, de concentratie buiten de bloedcel is groter dan de concentratie van zout in de rode bloedcel.

Pp2. De concentratie van het water ja. De oplossing van zout in het water.

Pp3. De concentratie van het zout dus gewoon.

Pp2. Nee zout heeft geen concentratie. De concentratie zit in het water.

Pp4. Omdat er zout in zit

Pp3. Het begrip concentratie is ons ook zomaar bijgebracht. Als ik er goed over nadenk weet ik ook niet zo precies wat concentratie is. Ik zou niet kunnen uitleggen wat concentratie is.

(Fragment uit G5, pag.3)

Wat betreft de toegankelijkheid van kennis, deze blijkt onder andere uit de afwezigheid van bepaalde begrippen bij het verklaren van osmose en door het geen relatie kunnen leggen tussen verklaringen op het macro- en microniveau.

Een onjuiste verklaring van het bloedcelprobleem, die bij de beginners sterk aanwezig was vinden we ook weer twee keer terug bij de gevorderden. Dit is de misconceptie die stelt dat de hygroscopische eigenschappen van zout de verklaring zijn voor de verschijnselen van het bloedcelprobleem:

Proefleider: Nou kan jij er wat van zeggen, of Carien of zo?

Pp2: "Ja, ik denk, die rode bloedcel ja, of ja, hier bij dat zout ja, zout heeft gewoon een sterkere osmose of zo, en zout trekt water aan, dus dan gaat dat water uit die cel en dan schrompelt die ineen".

(fragment uit protocol G3)

Uit de koppeling van de kennisopbouw van osmose met de informatie uit de protocollen van de gevorderden blijkt onder andere: 1. Kennis van materie (gassen, vloeistoffen en vaste stof), warmtebewegingen van deeltjes, van oplossingen en van concentratie wordt weinig of niet gebruikt bij de verklaring van osmose. Wanneer het wel gebruikt wordt is het een bron van misconcepties (bijv. hygroscopische eigenschap van zout als verklaring voor het bloedcelprobleem); 2. De kennis over diffusie bij de studenten is beperkt; vaak haalt men een voorbeeld uit het biologieboek aan, dat men dan nog een keer beschrijft. Het blijft oppervlakkige kennis, men gebruikt wel woorden als diffundeert, maar kan dat niet verder uitleggen.

Ook zijn er geen verwijzingen naar factoren van invloed op diffusie; 3. De kennis van semipermeabel vlies is gedifferentieerder. Hier wordt meer het onderscheid gemaakt tussen celwand en celmembraan. 4. De kennis van osmose betreft vooral verklaringen in termen van concentratieverschil, waarbij begrippen als hyper-, hypo, en isotonische oplossingen aan bod komen. 5. Er is meer kennis van drukverschijnselen bij osmose. In de protocollen zijn verwijzingen naar begrippen als turgor, maximale druk en osmotische waarde te vinden. In het kader van plantencellen worden deze drukverschijnselen uitgelegd.

Uit de aard van de verklaringen die gevorderden produceren blijkt dat deze, net als experts meer abstracte principes hanteren om de verschijnselen te verklaren (Chi, Glaser, & Farr, 1988). Daarbij is het echter de vraag of er een voldoende integratie van kennis heeft plaatsgevonden tussen de verschillende niveaus van verklaring (macroscopisch versus microscopisch). Doordat men niet direct deze relatie legt, ook niet dan nadat daarop doorgevraagd wordt, is deze kennis blijkbaar niet erg toegankelijk.

Conclusies

Doel van dit onderzoek was na te gaan of onderwijsmethode probleemanalyse ook een goede onderzoeksmethode is voor het meer zicht krijgen op de voorkennis en onjuistheden hierin van lerenden. Hiertoe werden de verbale protocollen van probleemanalyse bij beginners en gevorderden geanalyseerd op de aanwezige verklaringen. Deze verklaringen als producten van cognitieve en metacognitieve processen zouden inzicht moeten bieden in de voorkennis. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat probleemanalyse stimuleert tot een sterke activatie van de voorkennis. Dit blijkt uit het aantal en de grote variatie aan verklaringen die (vooral bij beginners) worden gegenereerd. Deze verklaringen laten zien dat heel verschillende kennisgebieden door probleemanalyse worden geactiveerd, variërend van ervaringskennis tot schoolkennis. Naast deze variatie aan verklaringen zijn er ook een aantal overeenkomsten geconstateerd. Zo blijkt dat er accurate, maar ook inaccurate verklaringen zijn voor het proces van osmose. Tevens zijn er overeenkomsten aan te geven wat betreft vorm en inhoud van de verklaringen. De inaccurate verklaringen (misconcepties) zijn begrijpelijk bij de beginners aangezien het hier geconstrueerde misconcepties zijn, maar ze komen ook voor bij gevorderde studenten. Uit de onderzoeksresultaten blijkt dat probleemanalyse in ieder geval die misconcepties blootlegt die door andere onderzoekers met verschillende andere onderzoeksmethoden ook worden gesignaleerd (Johnson & Mahmoud, 1980a; 1980b; Fiedler, Amir, & Tamir, 1987; Zuckerman, 1994a; 1994b; 1995). Daarnaast echter levert deze onderzoeksmethode zelfs een nieuwe misconceptie op. Het feit dat misconcepties voortduren ondanks onderwijs op dat gebied blijkt uit de gevonden concepties bij gevorderden. Deze onderzoeksresultaten komen overeen

met meer longitudinaal georiënteerd onderzoek door Odom (1995). Samenvattend kan gesteld worden dat uit deze onderzoeksresultaten blijkt dat probleemanalyse, zelfs bij niet getrainde proefpersonen, als onderzoeksmethode voor het identificeren van (mis)concepties bij lerenden succesvol is. Men mag verwachten dat bij getrainde proefpersonen en docenten die het proces van elaboratie in de groep nog verder kunnen stimuleren deze concepties nog beter te identificeren zijn.

De reden waarom probleemanalyse in de kleine groep succesvol is heeft waarschijnlijk te maken met het gegeven dat studenten gevraagd wordt in groepsverband te elaboreren. Het geven van verklaringen in interactie met andere leden van de groep heeft een aantal cognitieve en metacognitieve processen tot gevolg zoals die in vorig hoofdstuk zijn beschreven. Door interactie in de groep worden niet alleen de misconcepties meer zichtbaar, maar ook meer bewust voor studenten en docent. Interactie tussen groepsleden en de kwaliteit daarvan is dus essentieel voor het feit of de methode probleemanalyse in de kleine groep bruikbaar is en meer biedt dan andere methoden wat betreft de identificatie van misconcepties bij lerenden. De methode lijkt vooral vruchtbaar daar waar het probleem zo'n niveau van complexiteit heeft en nieuw is voor lerenden dat er op basis van onvolledige kennis verklaringen geconstrueerd worden en elaboraties tot stand komen. In de protocollen ziet men bijvoorbeeld bij beginners de misconcepties als het ware "ontstaan".

Hoofdstuk 8

Algemene discussie

Inleiding

De studies in dit proefschrift hebben als centrale vraagstellingen “Wat zijn de effecten van probleemanalyse in de kleine groep op het leren van nieuwe informatie?” en “Welke cognitieve processen vinden er plaats tijdens probleemanalyse?”. Probleemanalyse in de kleine groep (als onderdeel van probleemgestuurd leren) heeft als functie het genereren van verklaringen voor bepaalde verschijnselen. Het zelf genereren van verklaringen en dan vooral met behulp van interactie in de groep is een belangrijke strategie voor het werkelijk integreren van de nieuwe informatie met de voorkennis van de lerende (Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989; Mayer, 1996; Pressley, Wood, Woloshyn, Martin, King, & Menke, 1992; Webb & Sullivan-Palincsar, 1996). De belangrijkste cognitieve verklaring voor de effecten van probleemanalyse wordt gevonden in de elaboratie theorie (Norman & Schmidt, 1992; Schmidt, 1993). Het leggen van relaties tussen wat men al weet en het nieuwe wordt *elaboreren* genoemd.

In dit hoofdstuk worden allereerst de resultaten van deze studies besproken in het licht van de elaboratie theorie. Onderzocht wordt wat deze studies bijdragen aan een empirische ondersteuning van deze theorie en wat de generaliseerbaarheid is van de onderzoeksresultaten. Op basis van deze analyse wordt vervolgens aangegeven welk vervolgonderzoek nodig is. Tenslotte worden de consequenties van deze studies voor de onderwijspraktijk besproken.

112

Onderzoek naar effecten van probleemanalyse op het leren van nieuwe informatie

Het experimenteel onderzoek dat in dit proefschrift is gepresenteerd, veronderstelt een aantal theoretische aannamen die aan probleemgestuurd leren ten grondslag liggen. Door middel van probleemanalyse in de kleine groep elaboreren lerenden op hun voorkennis hetgeen verondersteld wordt te leiden tot een betere organisatie en bewustwording van die kennis en daardoor tot een betere toegankelijkheid en bruikbaarheid ervan. Dat zou op zijn beurt een betere verwerking van nieuwe informatie bevorderen, resulterend in een betere geheugenprestatie. Ook het patroon in de recall zou door elaboratie veranderingen vertonen, namelijk een toename in verklarende proposities en minder in beschrijvende proposities en een toename in het aantal inferenties in de recall. In Hoofdstuk 3 is een experiment beschreven, waarin onderzocht werd wat het differentiële effect was van probleemanalyse bij beginners en gevorderden. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt inderdaad dat probleemanalyse leidt tot het zich beter herinneren van de studietekst. Ook de recall patroon van de onderzoeksresultaten ondersteunt de elaboratietheorie. Over het algemeen genomen is in dit onderzoek de elaboratie theorie het meest consistent met de gevonden onderzoeksresultaten. In het experiment dat beschreven is in Hoofdstuk 4 werd verondersteld dat in de drie groepen van het onderzoek

(activatietaak, individuele probleemanalyse, probleemanalyse in de groep) een toenemende mate van elaboratie aanwezig zou zijn, met als effect een toename in het leren en onthouden van informatie uit de studietekst. De onderzoeksresultaten ondersteunen deze veronderstelling, gezien het lineaire verband van het effect. Ook het patroon van de recall is consistent met de elaboratie theorie hoewel de verschillen klein en niet significant zijn. Dit onderzoek laat zien dat interactie een stimulans kan zijn voor elaboratie, maar wijst tevens op de mogelijk negatieve effecten van interactie. Het onderzoek dat in hoofdstuk 5 beschreven is toonde aan dat probleemanalyse bij een meer ecologisch valide leeromgeving leidde tot een betere geheugenprestatie wat betreft de nieuw geleerde informatie. Het patroon van de recall (onderscheid beschrijvende/verklarende proposities) was echter anders dan verwacht. Ook het aantal inferenties was niet significant verschillend tussen de condities. Kortom de onderzoeken ondersteunen over het algemeen de elaboratie theorie, maar laten tevens op enkele punten tegenstrijdige onderzoeksresultaten zien vooral wat betreft het patroon van de recall.

Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de wijze waarop probleemgestuurd leren in de kleine groep deze positieve effecten produceert. Het onderzoek dat in Hoofdstuk 6 en 7 is gepresenteerd, geeft meer inzicht in de cognitieve en metacognitieve processen die tijdens probleemanalyse plaatsvinden. In Hoofdstuk 6 blijkt uit de analyses van de protocollen dat probleemanalyse werkelijk leidt tot het construeren van geëlaboreerde verklaringen. Ook de rol en het belang van interactie in de groep voor zelfgegenereerde elaboraties wordt in dit onderzoek verduidelijkt. Zo blijkt in de protocollen van de stimulated recall dat door interactie in de groep tegenstrijdige informatie gegenereerd wordt voor de verschillende verklaringen voor het probleem. Deze tegenstrijdige informatie stimuleert tot een sterkere elaboratie. Tevens ontstaat door interactie in de groep een soort gemeenschappelijke verklaring voor het probleem. De protocollen van de stimulated recall illustreren dit verschijnsel mooi, doordat proefpersonen in de stimulated recall verwijzen naar een groepstheorie voor de gegeven verschijnselen. Uit het onderzoek naar de cognitieve processen tijdens probleemanalyse in de groep blijkt verder dat het proces van conceptuele verandering goed interpreteerbaar is vanuit de theorie over conceptuele verandering (Chinn & Brewer, 1989).

In Hoofdstuk 7 staat het probleem van de accuraatheid van de elaboratie centraal. Door de verbale interactie te analyseren op de kenmerken van de geproduceerde verklaringen, bleek dat zowel bij beginners als bij gevorderde leerlingen tijdens probleemanalyse misconcepties zichtbaar worden. Het onderzoek naar de misconcepties bij beginners en gevorderde leerlingen tijdens probleemanalyse in de kleine groep slaagde erin misconcepties te signaleren die ook uit ander onderzoek, waarin andere onderzoeksmethoden werd gehanteerd, naar voren kwamen. Ook werd met behulp van probleemanalyse een nieuwe misconceptie geïdentificeerd.

Het experimentele en het meer kwalitatief gerichte onderzoek in dit proefschrift laat echter ook nog vragen open. Een belangrijke vraag is die naar de externe validiteit van dit onderzoek. Het experimenteel onderzoek heeft zich bijvoorbeeld beperkt tot een bepaald leerstofgebied en de complexiteit van de leerstof, kenmerken van de proefpersonen/groep en andere ecologisch belangrijke variabelen voor onderzoek naar de effectiviteit van deze vorm van coöperatief leren. In het nu volgende gedeelte wordt het in dit proefschrift gerapporteerde onderzoek geanalyseerd met betrekking tot de generaliseerbaarheid van de onderzoeksresultaten.

In het onderzoek dat in Hoofdstuk 3 is beschreven werd gevonden dat probleemanalyse een groter effect had op het leren van nieuwe informatie bij beginners dan bij gevorderden. Enerzijds wordt dit ondersteund in de onderzoeksliteratuur anderzijds is dit strijdig met overzichten van ander onderzoek naar de effecten van elaboraties op het leren van teksten. Sahari (1997) in een metaanalyse van onderzoek naar de effecten van elaboratie op het leren van teksten, concludeert bijvoorbeeld dat het hebben van meer voorkennis op een positieve wijze de elaboratie kan beïnvloeden. Dit effect wordt volgens hem bij toename van voorkennis sterker. Ook Pressley, Wood, Woloshyn, Martin, King en Menke (1992) constateren dat de grootste effecten van elaboratie-activiteiten zich voordoen bij volwassenen, die over meer kennis beschikken. Hoewel de type elaboratie-activiteiten in deze onderzoeksoverzichten sterk verschillen van probleemanalyse lijkt nader onderzoek op dit gebied vereist.

Wat betreft de leerstof en de complexiteit daarvan, hier is bijvoorbeeld niet duidelijk of de effecten van elaboratie door middel van probleemanalyse van toepassing zijn op leerstof van verschillende moeilijkheidsgraad. In de eerste twee experimenten betrof de leerstof osmose. Dit is het moeilijkste onderwerp in het biologieonderwijs op het voortgezet onderwijs. De vraag is of vergelijkbare effecten gevonden zullen worden bij leerstof die door studenten niet zo moeilijk wordt gevonden. In onderzoek waarover verslag is gedaan in hoofdstuk 5, is gebruik gemaakt van een leerstofdomein (bloeddrukregulatie) dat complexer is maar op het gebied van de medische kennis niet tot de top behoort van moeilijke basisleerstof (Dawson-Saunders, Feltovitch, Coulson, & Steward, 1987; De Grave, Boshuizen, & Snelten-Balendong, 1994). Het zou kunnen zijn dat probleemanalyse geen toegevoegde waarde heeft bij de verwerking van meer eenvoudige leerstof, en dus een omslachtige weg is om doelen te bereiken die ook op eenvoudiger wijze bereikt kunnen worden. Meer onderzoek naar de effecten van probleemanalyse bij verschillende mate van complexiteit van leerstof is daarom nodig.

Een andere beperking van het onderzoek is dat, om de gekozen onderzoeksvragen en hypothesen te kunnen beantwoorden, een reductie heeft plaatsgevonden van hoe probleemgestuurd leren in de praktijk van het onderwijs feitelijk verloopt. Het onderzoek beperkte zich tot de fase van het analyseren van een probleem. In de praktijk besteden studenten ook veel aandacht aan het formuleren van leerdoe-

len; vragen die men door zelfstudie wenst te beantwoorden. Probleemgestuurd leren in de onderwijsgroep voorafgaande aan het bestuderen van een studietekst is dus een combinatie van verklaringen en vragen genereren. In onderzoek is gebleken dat het genereren van verklaringen een positief effect heeft op het leerproces (Pressley et al., 1992). Eveneens is in onderzoek gebleken dat zelf geformuleerde vragen voorafgaande aan het leren van teksten het leren hiervan bevorderen (Osman & Hannafin, 1994). Pressley et al. (1992) constateren dat onderzoek naar de gecombineerde effecten van verklaringen genereren en vragen genereren op het leren van studieteksten een interessant onderzoeksgebied vormt. De vraag is dan natuurlijk of de effecten die geproduceerd worden door het genereren van vragen opgeteld kunnen worden bij de effecten die ontstaan doordat men verklaringen genereert.

De opzet van de verschillende experimenten in dit proefschrift week verder af van de feitelijke wijze waarop probleemgestuurd leren in de praktijk verloopt, in deze zin dat studenten niet gevraagd werd de geleerde tekst na afloop te verbaliseren. De taakstructuur van probleemgestuurd leren is namelijk dat studenten na een periode van zelfstudie worden geacht hun opgedane kennis in de groep onder woorden te brengen. Hoewel verondersteld kan worden dat in het onderzoek, dat beschreven is in Hoofdstuk 5, de geneeskunde studenten van deze verwachting uitgingen is deze instructie niet expliciet vermeld. Uit een overzicht van onderzoek naar het leren van teksten concludeerden Pressley en Afflerbach (1995), dat relatief weinig aandacht besteed wordt aan de sociaal-contextuele variabelen. Zo kan een lerende tijdens het bestuderen van een tekst gericht zijn op een sociaal criterium, zoals of genoeg geleerd is om deze kennis in een daaropvolgende discussie te kunnen gebruiken. Machiels-Bongaerts (1993), zich baserend op de cognitieve setpoint theorie van Schmidt, suggereert dat, wanneer een lerende weet dat hij zijn kennis moet presenteren aan anderen dit het set-point niveau doet verhogen als gevolg van sociale druk. Zo bleek bijvoorbeeld in een onderzoek van Kintgen (1983) waarin proefpersonen die een tekst moesten bestuderen, gevraagd werden zich voor te bereiden op een groepsdiscussie, op een meer diepgaande manier deze tekst bestudeerden. Een dergelijke instructie zou dus een duidelijker taakstructuur voor de proefpersonen op kunnen leveren, die nauwer aansluit bij het proces van probleemgestuurd leren in de onderwijsgroep. De veronderstelling is dat met deze instructie erbij elaboratie op de nieuwe informatie in sterkere mate zal plaatsvinden en daarmee zal leiden tot een sterkere integratie van de nieuwe informatie in de reeds aanwezige kennis. Dit zou tot gevolg hebben dat er meer geleerd wordt. Een derde afwijking van de wijze waarop probleemgestuurd onderwijs is ingericht betreft het feit dat de free recall toets in de experimenten direct na de bestudering van de studietekst is afgenomen. In probleemgestuurd leren starten studenten pas na een tijdsinterval met de studie naar aanleiding van de leerdoelen in de onderwijsgroep. Free recall is vooral gevoelig voor het vaststellen van inferenties in de re-

call (als effect van elaboraties) na een aanzienlijke tijdsinterval. Dit lijkt erop te wijzen dat integratie van kennis een kwestie van tijd is. Norman en Schmidt (1992) vermelden bijvoorbeeld onderzoeken naar de effecten van cursussen die op probleemgestuurde wijze werden gegeven, vergeleken met conventionele cursussen, waarin gerapporteerd wordt dat effecten van probleemgestuurd leren pas na verloop van tijd optreden. Meer onderzoek is dus nodig waarbij op meerdere momenten effectmetingen uitgevoerd moeten worden. In de studies is verder gebruikt gemaakt van free recall, de vraag is echter of de effecten ook te vinden zijn bij andere vormen van toetsing van kennis, zoals bijvoorbeeld toetsen die vragen om toepassing van de verkregen kennis.

Tenslotte wijkt de experimentele opzet van de eerste drie onderzoeken af van de reële situatie in de onderwijsgroep wat betreft het feit dat de proefleider als gesprekleider optrad. Deze gesprekleider had specifieke instructies hoe te handelen. In probleemgestuurd onderwijs is er echter sprake van een additionele functie, namelijk die van tutor. De tutor (de docent) heeft als taak het leerproces te optimaliseren en daarmee ook de elaboratie te optimaliseren (Schmidt, 1994; Schmidt & Moust, 1995). Onderzoek naar probleemgestuurd leren of andere vormen van coöperatief leren waarbij deze variabele betrokken wordt is nodig (zie ook Ros, 1992). Verondersteld mag worden dat de tutor in het bijzonder bij de verwerking van moeilijke leerstof een positieve invloed kan hebben (Schmidt & Moust, 1995).

116

In deze studies naar de effecten van probleemanalyse op het leren van nieuwe informatie moeten meer specifieke eisen gesteld worden aan het onderzoeksdesign, om te kunnen onderscheiden tussen de verschillende verklaringen. Bijvoorbeeld om te kunnen onderscheiden tussen de elaboratie en motivatie verklaring (Alexander, Kulikowich, & Schulze, 1994; Schraw, Bruning, & Svoboda, 1995). Praktische overwegingen leggen echter beperkingen op aan dergelijke experimenten in meer realistische situaties.

De resultaten van het onderzoek naar de cognitieve en metacognitieve processen (Hoofdstuk 6) zijn ook terug te vinden in ander onderzoek. In onderzoek naar de rol van interactie voor de leerprocessen van lerenden vond Roschelle (1992) bijvoorbeeld dat de kern van samenwerken het probleem van convergentie is, dat wil zeggen dat een groep komt tot gedeelde kennis en een convergentie van betekenis die aan begrippen, ervaringen of verklaringen worden gehecht. Erkens (1997) concludeert uit analyses van de taakuitvoering en dialoogvoering van samenwerkende tweetallen dat de coördinatie van het proces van informatie-uitwisseling en samenwerken vooral ondersteund wordt door focussing, checken en argumentatie. Bij checken en argumentatie spelen bijvoorbeeld tegenstrijdige informatie, plausibiliteit van de informatie en onderhandelen van betekenis een rol. Het proces van convergentie van betekenis en onderhandeling van betekenis is echter nog onvoldoende duidelijk en zal verder onderzocht moeten worden.

Het onderzoek naar de identificatie van misconcepties met behulp van de methode probleemanalyse (Hoofdstuk 7) doet de vraag rijzen of zelfgegenereerde elaboraties (ongeacht of deze accuraat of niet zijn) een positief effect hebben op het leren van nieuwe informatie of dat zelfgegenereerde elaboraties in de groep zo accuraat mogelijk moeten zijn om positieve effecten te hebben (Schmidt, De Volder, De Grave, Moust, & Patel, 1989; Pressley, McDaniel, Turnure, Wood & Ahmad, 1987). Deze vraag is bijvoorbeeld van belang voor de rol van de tutor (begeleider van het probleemgestuurd leerproces). Moet de tutor foutieve denkwijzen tijdens de probleemanalyse laten gaan (zodat ze tijdens zelfstudie kunnen leren van fouten) of moet hij/zij stimuleren dat studenten bewust worden van de misconcepties en deze bijstellen, zodat meer accurate elaboraties plaatsvinden voorafgaande aan de studie.

Suggesties voor verder onderzoek

In de analyse van de generaliseerbaarheid van de studies zijn reeds enkele gebieden aangegeven waar mogelijk vervolgonderzoek zou kunnen gebeuren. Samengevat betreffen deze: de kenmerken van het leerstofdomein; de kenmerken van de taakstructuur van probleemgestuurd leren; kenmerken van de toetsing van kennis en kenmerken van de facilitatie van probleemanalyse door de docent. Daarnaast zijn een aantal factoren aan te geven die mogelijk de effectiviteit van elaboratie door middel van probleemanalyse in de kleine groep kunnen beïnvloeden. Dit zijn bijvoorbeeld de kenmerken van het probleem, als startpunt voor het probleemgestuurd leerproces. Het belang van een goed geconstrueerd probleem voor het probleemgestuurd leerproces wordt aangegeven in modellen voor probleemgestuud leren (Schmidt & Moust, 1995). Andere factoren die mogelijk de elaboratie in de groep en daarmee de effectiviteit van probleemanalyse voor het leerproces kunnen beïnvloeden zijn kenmerken van de groep. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de samenstelling van de groep (bijv. heterogeen/homogeen), de groeps-grootte en kenmerken van de groepsleden (bijvoorbeeld leerstijl). Tenslotte lijkt training en oefening, zowel van studenten als docenten, een belangrijke factor te zijn voor het optimaal laten verlopen van elaboratie tijdens probleemanalyse (Webb & Sullivan Palincsar, 1996). In theorievorming over coöperatief leren (Slavin, 1991; Webb & Sullivan Palincsar, 1996) en in theorievorming over probleemgestuurd leren (Schmidt, 1993; Schmidt & Moust, 1995) worden deze factoren meer in samenhang weergegeven. Onderzoek naar de effecten van deze factoren kan een bijdrage leveren aan een verdere empirische onderbouwing van de elaboratietheorie.

In de theorie over probleemgestuurd leren wordt er van uitgegaan dat probleemanalyse ook werkelijk leidt tot elaboratie. Kennis over welke denkprocessen feitelijk plaatsvinden tijdens probleemanalyse in de groep is echter beperkt. Dit is een belangrijk hiaat in de theorievorming. Het onderzoek waarover in Hoofdstuk 6 is

gerapporteerd, heeft meer kennis opgeleverd over deze cognitieve processen. Onderzoek op dit gebied is noodzakelijk om meer zicht te krijgen op wat effectieve interactie is vanuit het perspectief van het leerproces van de lerende. Onderzoek naar de cognitieve processen tijdens probleemanalyse is echter niet voldoende. Wat verder ontbreekt is on-line onderzoek naar de cognitieve processen tijdens de zelfstudiefase, zodat kan worden nagegaan wat de invloed van probleemanalyse in de groep is op de cognitieve verwerking van nieuwe informatie. Hierbij kan gedacht worden aan de aard van de inferenties die worden gegenereerd tijdens de studie en aan de verdeling van aandacht over de verschillende onderdelen van de studietekst. Meer specifieke kennis van dergelijke cognitieve processen biedt een bredere verklaringsbasis voor de effecten van probleemgestuurd leren zoals die in dit proefschrift beschreven zijn. Het proces en de voorwaarden van conceptuele verandering kunnen op deze wijze beter in kaart worden gebracht.

In hoofdstuk 7 is onderzocht hoe effectief probleemanalyse misconcepties van lerenden over de leerstof kan identificeren. Kennis omtrent misconcepties, de oorzaken ervan, en de oorzaken waarom ze ondanks onderwijs op dit gebied voortduren is essentieel in de context van probleemgestuurd leren. Onderzoek naar de rol van inaccurate elaboraties (misconcepties) tijdens het proces van probleemgestuurd leren zowel tijdens probleemanalyse als tijdens de fase waarin studenten rapporteren over de zelfstudie kan een bijdrage leveren aan een optimalisering van het proces van probleemgestuurd leren. In dergelijk onderzoek dient ook de rol van de begeleider van het probleemgestuurde leerproces (de tutor) voor het veranderen van misconcepties nagegaan te worden.

118

Implicaties voor het onderwijs

De ervaring met probleemgestuurd leren leert dat de wijze waarop probleemanalyse wordt uitgevoerd niet altijd optimaal is. Studenten hebben nogal eens de neiging deze fase op een oppervlakkige en weinig diepgaande manier te behandelen. Dit komt dan onder andere tot uiting in het feit dat studenten soms slechts korte tijd besteden aan de discussie en dan snel overgaan naar de fase van leerdoel formuleren. Op deze wijze zal er minder geëlaboreerd worden. Daardoor worden de beoogde effecten van probleemgestuurd leren (Norman & Schmidt, 1992) in mindere mate gerealiseerd dan mogelijk is. Het onderzoek dat in dit proefschrift beschreven is laat zien hoe belangrijk probleemanalyse is voor het leerproces van studenten. Zowel studenten als docenten zal duidelijk moeten worden gemaakt wat deze fase concreet inhoudt, op welke wijze deze fase optimaal verloopt, en tot welke leereffecten dit leidt. Kennis van proces en functie van deze fase is noodzakelijk om de kwaliteit ervan te bewaken. Dit geldt zowel voor studenten als docenten. Concreet betekent dit dat studenten wanneer zij aan het begin van hun studie geïntroduceerd worden in probleemgestuurd leren kennis moeten krijgen van kenmerken en functie van deze probleemanalyse. Ook bij de training van docen-

ten voor de rol van tutor, zal aandacht besteed moeten worden aan kenmerken en functie van deze fase en wat te doen wanneer deze fase niet optimaal verloopt. Een belangrijke reden waarom deze fase in de praktijk van probleemgestuurd leren in de onderwijsgroep niet altijd optimaal verloopt zijn onjuiste opvattingen bij studenten en docenten over aard en functie van deze fase. Zo denken studenten vaak dat het er in deze fase alleen om gaat alles op te hoesten wat ze weten. Daarbij verwaarlozen zij het constructieve karakter van deze fase. Pas door het construeren van verklaringen en redeneringen en het constant bijstellen en veranderen van deze ontstaat werkelijke elaboratie. Daarbij kunnen ook verklaringen of denkexperimenten die verder gaan dan wat men “weet” belangrijk zijn. In zekere zin moet men creatief zijn. In het onderzoek naar het proces van probleemanalyse dat beschreven is in Hoofdstuk 5 en 6 wordt dit constructieve karakter van probleemanalyse duidelijk. Ook voor docenten is het van belang om een juiste opvatting te hebben van de constructieve aard van deze fase. Wanneer studenten bijvoorbeeld slechts wat ideeën ophoesten zal hij of zij hen moeten stimuleren tot het construeren van verklaringen en tot het opbouwen van redeneringen. Tevens zal dit proces gestimuleerd worden wanneer de tutor anomalieën introduceert en aandacht besteedt aan de voorwaarden voor conceptuele verandering. Slechts wanneer er werkelijk elaboratie optreedt kan dit van invloed zijn op het verwerken en onthouden van de nieuwe informatie.

Tenslotte is een belangrijke voorwaarde voor het op gang komen van elaboratie tijdens probleemanalyse het hebben van een goed probleem. In de praktijk van probleemgestuurd leren echter zijn er soms problemen gemaakt die helemaal niet raadselachtig of problematiserend zijn en deze vormen dan ook geen uitdaging om een constructieve denkactiviteit te ontplooien. In het formuleren van goede problemen gaat veel denkwerk zitten en dan nog blijft het moeilijk om een probleem goed af te stemmen op de doelgroep. Wanneer een probleem duidelijk minder stimuleert tot discussie hangt het sterk af van de interventies van de tutor of een constructief denkproces op gang gebracht wordt. Bij het ontwerpen van een probleem voor probleemgestuurd leren zullen de constructeurs van het probleem zich een beeld moeten vormen van welke constructieve denkactiviteiten zullen ontstaan op basis van het probleem. Wanneer de feitelijke denkprocessen te sterk afwijken van wat men verwacht, dan zal men terug moeten gaan naar het probleem om dit bij te stellen.

Samenvatting

Inleiding

Probleemgestuurd leren in de kleine groep is een wijze van leren waarin wordt uitgegaan van een constructivistische benadering van het leerproces en van het belang van interactie voor het leren. In dit proefschrift staat de eerste fase van het proces van probleemgestuurd leren centraal, namelijk de *probleemanalyse* die voorafgaat aan de feitelijke studie. Probleemanalyse is de fase waarin studenten gezamenlijk verklaringen genereren voor een voorgelegd probleem. Het is een methode om de lerenden te stimuleren nieuw te leren informatie actief te relateren aan wat men reeds weet. Dit wordt ook wel *elaboreren* genoemd. Doel van de studies die in dit proefschrift gepresenteerd worden is een verdere empirische onderbouwing te bieden voor één van de claims van probleemgestuurd leren, namelijk dat probleemgestuurd leren leidt tot het beter leren en onthouden van de nieuwe informatie (Barrows, 1984; Schmidt, 1993). De eerste drie onderzoeken waren experimenteel van opzet en gericht op het vaststellen van de effecten van probleemanalyse. In de laatste twee onderzoeken werd de techniek van protocolanalyse gebruikt om na te gaan of, op basis van recente inzichten verkregen in de cognitieve psychologie, een meer gedetailleerde analyse kan plaatsvinden van het proces van probleemgestuurd leren.

121

De centrale vragen van dit proefschrift kunnen als volgt worden geformuleerd: “Wat zijn de effecten van probleemanalyse in de kleine groep op het leren van nieuwe informatie in een studietekst?” en “Welke cognitieve processen kunnen worden waargenomen tijdens de probleemanalyse?”

Hoofdstuk 2

In Hoofdstuk 2 zijn allereerst de theoretische verklaringen voor de rol van voorkennis bij het leren van nieuwe informatie geïnventariseerd. Hierbij is niet alleen nagegaan welke theorieën de effecten van probleemanalyse in de kleine groep kunnen verklaren. Ook is nagegaan of er taakstructuren bestaan die overeenkomsten vertonen met probleemanalyse en waarnaar empirisch onderzoek is gedaan naar de effecten ervan. Deze verwante taakstructuren zijn te vinden in het tekstverwerkingsonderzoek, het onderzoek naar coöperatief leren (brainstormen), en het misconceptie-onderzoek. Hoewel er een grote variatie is in onderzoeksdesign ondersteunen deze onderzoeken over het algemeen de elaboratie theorie. De *elaboratie theorie* veronderstelt dat door het genereren van verklaringen in de groep een

betere organisatie en bewustwording van deze nieuwe kennis ontstaat waardoor deze kennis beter toegankelijk en bruikbaar is. Mogelijk alternatieve verklaringen voor de effecten van probleemanalyse op het leren van nieuwe informatie zijn de *selectieve aandachtshypothese* en de *motivatiehypothese*. Directe empirische ondersteuning voor de elaboratie theorie over probleemgestuurd leren is te vinden in het onderzoek van Schmidt. Schmidt (1982) heeft in verschillende experimenten de effecten van probleemanalyse in de groep op het leren van een studietekst onderzocht en vond dat deze onderwijsaanpak inderdaad een positieve invloed op de cognities van zijn proefpersonen had.

In dit proefschrift wordt voortgebouwd op eerder onderzoek naar de effecten van probleemanalyse op het leren van nieuwe informatie uitgevoerd door Schmidt (1982). Voor het vaststellen van de effecten van probleemanalyse werden als afhankelijke variabelen gebruikt het *aantal correct herinnerde proposities* van de studietekst, maar daarnaast ook variabelen die te maken hebben met het patroon van de recall, namelijk het onderscheid in *beschrijvende en verklarende proposities* en het *aantal inferenties* in de recall.

Hoofdstuk 3

In Hoofdstuk 3 wordt verslag gedaan van een onderzoek naar de effecten van probleemanalyse op het leren (recall) van nieuwe informatie bij beginners en bij gevorderde leerlingen. De beginners waren derdejaars leerlingen in het voorbereidend wetenschappelijk onderwijs (VWO), en de gevorderden waren vierdeklas leerlingen van hetzelfde type onderwijs. De nieuwe informatie die de leerlingen moesten bestuderen betrof een biologie onderwerp, namelijk osmose en diffusie. De beginners hadden deze leerstof nog niet bestudeerd, de gevorderden hadden het onderwerp kort voor het experiment behandeld. De veronderstelling in dit onderzoek was dat de effecten van probleemanalyse op het leren van nieuwe informatie bij de beginners sterker zou zijn dan bij gevorderden.

Beide groepen beginners en gevorderden, werden in tweeën verdeeld. De proefpersonen in de experimentele groep kregen het zogenaamde "bloedcelprobleem" voorgelegd dat zij in de groep moesten analyseren. De proefpersonen in de controle groep kregen een niet relevant probleem. De taak was om voor het gegeven probleem verklaringen te genereren. Na afloop van deze probleemanalyse werd de proefpersonen een tekst over osmose en diffusie voorgelegd, die zij gedurende korte tijd moesten bestuderen. Daarna werd hen gevraagd zich alles wat zij zich van de tekst herinneren op te schrijven ("free recall"). Vervolgens werd de proefpersonen gevraagd een aanvultoes in te vullen.

Uit de resultaten van de free-recall toets bleek dat probleemanalyse het verwerken en herinneren van de tekst aanzienlijk vergemakkelijkt. Hoewel het verschil tussen de experimentele en de controle groep groter bleek te zijn voor de beginners dan voor de gevorderden ondersteunde de afwezigheid van een significant interactie

effect de oorspronkelijke veronderstelling dat er meer leren plaatsvindt bij proefpersonen die een grotere discrepantie ervaren tussen wat ze weten en wat ze moeten weten over een onderwerp niet. Uit de resultaten bleek verder dat het experimentele effect, zoals weerspiegeld in de recall, geheel veroorzaakt werd door de betere verwerking en herinnering van *verklarende* informatie. *Beschrijvende* informatie werd niet beter herinnerd als gevolg van de analyse van het bloedcelprobleem. Dit laatste effect was sterker voor de gevorderden dan voor de novieten. Uit de aanvultoeft bleek wel een significant interactie-effect tussen de aard van de activarietaak en expertise niveau. De beginners hadden significant meer profijt van de probleemanalyse dan gevorderden.

De resultaten van dit experiment zijn consistent met het idee dat probleemanalyse een faciliterende werking heeft op het leren van een relevante studietekst. Verder ondersteunen de resultaten de opvatting dat probleemanalyse de cognitieve processen van de lerende beïnvloedt. Probleemanalyse heeft blijkbaar de studenten geholpen de aandacht te richten op de verklarende informatie in de tekst en hen gestimuleerd daartussen relaties te leggen en deze te integreren in de voorkennis. De veronderstelling dat novieten meer zouden profiteren van probleemanalyse is gedeeltelijk bevestigd. De resultaten van de free recall toets laten echter zien dat ook gevorderden profijt kunnen hebben van probleemanalyse in de groep.

Hoofdstuk 4

123

Probleemgestuurd leren is een coöperatieve leersituatie, waarin interactie tussen lerenden centraal staat. De achterliggende idee is dat interactie meer stimuleert tot het genereren van meer geëlaboreerde verklaringen dan wanneer er een individuele probleemanalyse plaatsvindt. In Hoofdstuk 4 wordt een experiment beschreven dat de effecten van probleemanalyse in de groep vergeleek met de effecten van een individuele vorm van analyse van het bloedcelprobleem. Daarnaast werd een controlegroep gevraagd naar hun voorkennis over osmose en diffusie. Proefpersonen in dit experiment waren eerstejaars HBO-studenten. De materialen en onderzoeksprocedure kwamen overeen met het experiment dat beschreven is in Hoofdstuk 3. De eerste veronderstelling die aan dit experiment ten grondslag lag, was dat de mate van elaboratie door middel van probleemanalyse in de groep groter is dan individuele probleemanalyse en dat de mate van elaboratie door middel van individuele probleemanalyse weer groter is dan de simpele vraag naar voorkennis taak. De tweede veronderstelling was dat hoe groter de mate van elaboratie, des te sterker de organisatie en bewustwording van de kennis en daardoor des te groter de toegankelijkheid van de kennis.

Uit de resultaten van de free recall toets bleek dat er geen significant verschil werd gevonden tussen de drie verschillende groepen wat betreft de totaal aantal correct herinnerde proposities. Hoewel de trend overeenkomt met de veronderstelde toename aan correct herinnerde proposities zijn de verschillen klein en valt verder

vooral de grote standaard deviatie op bij de groep probleemanalyse individueel. Verder is er geen significante interactie tussen treatment en type propositie. Bij de resultaten van de aanvultoeets bleek wel een significant verschil tussen de drie groepen wat betreft de totaal aantal correct herinnerde items uit de aanvultoeets. De lineaire component in het effect bleek significant te zijn.

Hoofdstuk 5

In Hoofdstuk 5 wordt verslag gedaan van onderzoek naar de effecten van probleemanalyse in een groep in een leerstofdomein dat complexer van aard is, namelijk dat van de geneeskunde. In dit onderzoek werd gebruik gemaakt van proefpersonen die getraind zijn in probleemgestuurd leren. De onderzoeksopzet sloot zoveel mogelijk aan bij de onderwijssituatie van de studenten, opdat een zo groot mogelijke ecologische validiteit gewaarborgd werd. De vraagstelling van dit onderzoek was of de effecten van probleemanalyse in de groep op het leren van nieuwe informatie in een dergelijke situatie ook gevonden konden worden.

In dit experiment kregen eerstejaars medische studenten een probleem over de effecten van een bijensteek voorgelegd dat zij in de groep gedurende 30 minuten moesten analyseren. De controlegroep kreeg een niet relevant probleem. Nadat men in de groep onder begeleiding van een ouderejaarsstudent (die als gesprekleider optrad) verklaringen voor het probleem had gegenereerd, werd ter bestudering een studietekst over bloeddrukregulatie voorgelegd.

De free recall toets gaf de volgende resultaten: Er werd een significant verschil gevonden tussen de groepen. Hiermee wordt de elaboratie hypothese bevestigd dat relevante probleemanalyse voorafgaande aan de te leren studietekst, ook in een ecologisch valide onderzoek, leidt tot het beter onthouden van informatie uit die tekst. De veronderstelling dat het effect weer vooral bij verklarende en niet bij beschrijvende proposities zou optreden werd niet bevestigd; evenmin werden significante verschillen gevonden tussen de experimentele groep en de controle groep wat betreft het aantal inferenties. Verklaringen voor het ontbreken van verschillen tussen de twee groepen wat betreft het aantal inferenties in de recall werd gevonden in de veronderstelling dat dit effect vooral pas zichtbaar wordt na verloop van langere tijd (de inferential -reconstruction hypothese).

Hoofdstuk 6

In Hoofdstuk 6 wordt een studie beschreven waarin de cognitieve en metacognitieve processen tijdens probleemanalyse in de groep onderzocht werden door de verbale communicatie tussen de groepsleden te analyseren en de daarbij optredende denkprocessen. Het doel van dit onderzoek was tweeledig, namelijk na te gaan in hoeverre probleemgestuurd leren conceptuele verandering stimuleert, en om een methode te ontwikkelen die gevoelig genoeg is om deze verschijnselen in kaart te brengen.

Proefpersonen waren een groep tweedejaars studenten geneeskunde aan de Universiteit Maastricht. Deze studenten hadden de nodige ervaring met de uitvoering van probleemanalyse in de groep. De groep studenten moesten een casus analyseren die vermeld stond in het blok Pijn, dat onderdeel is van het derde curriculumjaar. De groep studenten analyseerden het probleem gedurende 20 minuten. Deze groepsinteractie werd op video opgenomen in een professionele videostudio. Direct na de sessie werden vijf identieke kopieën van de mastertape met tijdcodes geproduceerd. Denkprocessen werden onderzocht door middel van een "stimulated recall" procedure. Daarbij werden de deelnemers na afloop van de probleemanalyse gevraagd om, gestimuleerd door een video-opname van de probleemanalyse, alles wat zij tijdens de analyse hadden gedacht te verbaliseren. Verbatim transcripten van zowel de verbale interactie in de groep als de stimulated recall werden geanalyseerd.

De resultaten van dit onderzoek wezen uit dat de verbale interactie in de groep slechts de top toont van de ijsberg van cognitieve en metacognitieve processen waarop het is gebaseerd. De verbale interactie in de groepsdiscussie betrof hoofdzakelijk theorievorming (het geven van verklaringen voor de in het probleem beschreven verschijnselen) en in mindere mate data-exploratie en meta-redeneren. Stimulated recall van het denkproces tijdens deze discussie echter leverde meer en ook unieke informatie over hypothese evaluatie en meta-redeneren. In de protocollen gestimuleerd door de stimulated recall procedure kon het proces van conceptuele verandering zichtbaar gemaakt worden. De manieren waarop met anomalieën werd omgegaan kon worden beschreven evenals de voorwaarden die bepalen hoe studenten met deze anomalieën om gaan. Deze resultaten suggereerden dat de methode adequaat is voor het in kaart brengen van conceptuele verandering tijdens probleemanalyse.

125

Hoofdstuk 7

In Hoofdstuk 7 wordt verslag gedaan van onderzoek met behulp van de methode van probleemanalyse naar de aard van misconcepties van beginners en gevorderden op het gebied van osmose. Doel van dit onderzoek was na te gaan of met behulp van de methode probleemanalyse deze misconcepties geïdentificeerd kunnen worden. Probleemanalyse in de kleine groep vraagt van de studenten op basis van een probleembeschrijving verklaringen te genereren door middel van discussie. De veronderstelling is dat door het construeren van verklaringen in de groep de voorkennis geactiveerd wordt en hierop geëlaboreerd wordt en dat daarmee de voorkennis en de kenmerken daarvan expliciet gemaakt wordt.

Proefpersonen waren een groep derde klassers vwo, een groep vierde klassers vwo en een groep eerstejaars hbo studenten. Het betrof dezelfde proefpersonen als die deelnamen aan de in Hoofdstuk 3 en Hoofdstuk 4 beschreven experimenten. In kleine groepen analyseerden de proefpersonen het aan hen voorgelegde bloedcel-

probleem. Van de verbale interactie tussen de groepsleden werden protocollen gemaakt die de basis vormden voor meer gedetailleerde analyses.

Uit de resultaten van dit onderzoek bleek dat probleemanalyse tot een sterke activatie van de voorkennis stimuleerde. Het aantal verklaringen en de grote variatie daarin (vooral bij beginners) illustreerde dit. Deze zelf gegenereerde verklaringen laten zien dat heel verschillende kennisgebieden door probleemanalyse worden geactiveerd, variërend van ervaringskennis tot schoolkennis. Naast deze variatie aan verklaringen waren er ook een aantal overeenkomsten. Zo bleek dat er accurate, maar ook regelmatig terugkerende inaccurate verklaringen zijn voor het proces van osmose. In de protocollen waren overeenkomsten aan te geven wat betreft vorm en inhoud van de verklaringen. De inaccurate verklaringen zijn begrijpelijk bij de beginners aangezien het hier geconstrueerde misconcepties zijn, maar ze komen ook voor bij gevorderde studenten. Uit de onderzoeksresultaten bleek dat probleemanalyse in ieder geval die misconcepties blootlegt die andere onderzoekers met verschillende andere onderzoeksmethoden ook hadden gesignaleerd. Daarnaast liet deze onderzoeksmethode nog een nieuwe misconceptie zien. Het feit dat misconcepties voortduren ondanks onderwijs op dat gebied bleek uit de gevonden misconcepties bij gevorderden.

Hoofdstuk 8

126

In dit laatste hoofdstuk worden de resultaten van de studies in dit proefschrift geïnterpreteerd vanuit de eerder gegeven elaboratietheorie. De beperkingen van dit onderzoek betreffen vooral de generaliseerbaarheid van de onderzoeksresultaten en de beperkingen van het onderzoeksdesign. Er worden suggesties voor verder onderzoek gegeven. Deze hebben onder andere betrekking op onderzoek naar de cognitieve processen tijdens het probleemgestuurd leerproces. Verder worden er suggesties gedaan tot verbetering van het onderzoeksdesign om nog beter aan te sluiten bij het probleemgestuurde leerproces. Anderzijds wordt gesuggereerd om na te gaan of de onderzoeksresultaten generaliseerbaar zijn bij leerstof van verschillende mate van complexiteit voor lerenden en bij leerlingen en studenten uit verschillende studiejaar.

Tenslotte worden de implicaties van deze studies voor het onderwijs besproken. Deze implicaties hebben vooral betrekking op het optimaliseren van deze fase van probleemgestuurd leren. Verschillende factoren worden genoemd, zoals de rol van de tutor voor het realiseren van voldoende elaboratie tijdens de probleemanalyse en de kwaliteit van de problemen, die als startpunt voor een probleemgestuurd leerproces dienen.

Summary

Introduction

Problem-based learning in small groups is a learning method based on a constructivist approach to the learning process and on the importance of interaction to promote learning. This dissertation focuses on the initial stage of problem-based learning, the *problem analysis* stage, which precedes the actual study stage. Problem analysis is a stage in which students jointly generate explanations for a problem presented to them. This is a method, which stimulates learners to actively relate any new information to be learnt to the knowledge they already have. This is also called *elaborating*. The aim of the studies in this dissertation is to provide an empirical support for the basic claim made with respect to problem-based learning, i.e. that problem-based learning leads to more effective learning and remembering of new information (Barrows, 1984; Schmidt, 1993). The first three studies had an experimental setup and focused on determining the effects of problem analysis. The last two studies used the technique of protocol analysis to find out whether insights recently acquired in cognitive psychology could be used to make a more detailed analysis of the process of problem-based learning.

This dissertation deals with the following key questions: "What are the effects of problem analysis in a small group on learning new information in a study text?" and "Which cognitive processes can be observed during problem analysis?"

127

Chapter 2

Chapter 2 makes an inventory of the theoretical explanations of the role of prior knowledge in learning new information. This yields the elaboration theory as the primary theory to explain the effects of generating explanations in small groups on learning new information. Not only was it investigated which theory could best explain the effects of problem based learning in small groups. It was also investigated if tasks and task structures could be identified that are related to problem analysis and if research in these domains could support our theories pertaining to the effects of problem analysis. Such related task structures can be found in text processing studies, research of co-operative learning (brainstorming), and misconception research. Although the design of these studies varies greatly, the studies generally support the elaboration theory. The *elaboration theory* assumes that generating explanations in a group creates an enhanced organisation and awareness of new knowledge, making the latter more accessible and applicable. Possible alter-

native explanations for the effects of problem analysis on learning new information include the *selective attention hypothesis* and the *motivation hypothesis*.

Direct empirical support for the theory of problem-based learning can be found in the research done by Schmidt. Schmidt (1982) has carried out a number of experiments to study the effects of problem analysis in groups on learning a study text. He found that this educational approach in fact has a positive effect on cognition in test subjects.

This dissertation elaborates on earlier research of the effects of problem analysis on learning new information carried out by Schmidt (1982). To determine the effects of problem analysis, the dependent variables used included the *number of correctly remembered propositions* of the study text, but also variables relating to the recall pattern i.e., the difference between *descriptive and explanatory propositions* and the *number of inferences* in the recall.

Chapter 3

Chapter 3 contains a report of research concerning the effects of problem analysis on learning (recall) of new information in novices and in advanced subjects. Novices were third-year pupils of pre-university education (PUE), while the advanced subjects were fourth-year pupils of the same type of education. The new information that the pupils were expected to study concerned a topic from the field of biology: osmosis and diffusion. The novices had not studied this topic before, whereas the advanced subjects had dealt with this topic not long before the experiment. The supposition in this study was that the effects of problem analysis on learning new information in novices would be greater than in the advanced subjects.

During the experiment, the subjects in the experimental group were given the so-called "blood cell problem" to analyse in the group. The subjects in the control group were given an irrelevant problem. The task set was to generate explanations for the problem presented. After this problem analysis stage, subjects were given a text on osmosis and diffusion, which they had to study for a short time. They were then asked to write down all they could remember of this text ("free recall"). Subsequently, the subjects were asked to fill in a completion test.

The results of the free-recall test showed that problem analysis greatly enhanced the processing and remembering of the text. Although the difference between the experimental group and the control group appeared to be greater among the novices than among the advanced subjects, the absence of an interaction effect did not support the original supposition that more learning takes place in test subjects who experience a greater discrepancy between what they know and what they should know. The results also showed that the experimental effect, as reflected in the recall, was caused entirely by the processing and remembering of *explanatory* information. *Descriptive* information was not remembered any better as a result of

the analysis of the blood cell problem. The latter effect was greater in the advanced subjects than in the novices. The completion test, however, showed a significant interaction effect between the nature of the activation task and the level of expertise. The novices benefited significantly more from problem analysis than the advanced subjects did.

The results of this experiment are consistent with the idea that problem analysis has a facilitating effect on learning a study text that is relevant for the problem. The results also support the idea that problem analysis affects the cognitive processes of learners. Problem analysis apparently helped the pupils to focus on the explanatory information in the text and helped them create relationships between different parts and to integrate the information in the existing knowledge. The supposition that novices would benefit more from problem analysis was confirmed to some extent. The results of the free-recall test, however, show that advanced subjects may also benefit from problem analysis in groups.

Chapter 4

Problem-based learning is a co-operative learning situation, based on the interaction between learners. The idea behind this is that interaction promotes the generation of more elaborated explanations than would be the case in individual problem analysis. Chapter 4 describes an experiment which compared the effects of problem analysis in a group with the effects of an individual form of analysis of the blood cell problem. At the same time an other control group was asked after its previous knowledge of osmosis and diffusion. The test subjects in this experiment were first-year HVE students. The materials and study procedures used corresponded with those used in the experiment described in Chapter 3. The first supposition on which this experiment was based, was that the degree of elaboration by means of problem analysis in a group would be greater than in the case of individual problem analysis, and that the degree of elaboration by means of individual problem analysis in turn would be greater than a mere question as to previous knowledge. The second supposition was that the greater the degree of elaboration, the stronger the organisation and awareness of the knowledge would be, and hence the greater the accessibility of this knowledge.

The results of the free-recall test showed that there was no significant difference between the three different groups as to the total number of correctly remembered propositions. Although the trend corresponds to the increase of the number of correctly remembered propositions assumed on the basis of the elaboration hypothesis, the differences are small, and a striking aspect is the large standard deviation in the group who performed individual problem analysis. In addition, there was no significant interaction between treatment and type of proposition. The results of the completion test, on the other hand, showed a significant difference be-

tween the three groups as to the total number of correctly remembered items in the completion test. The linear component in this effect proved significant.

Chapter 5

Chapter 5 contains a report of research done into the effects of problem analysis in a group within a subject field which is more complex, i.e. from the field of Medicine. In this study, use was made of test subjects who had been trained in the application of problem-based learning. The setup of the study corresponded as much as possible to the learning situation of the student, so as to guarantee the greatest possible ecological validity. The question dealt with in this study was whether the effects of problem analysis in a group on learning new information could also be observed in such a situation. The supposition was that effects of problem analysis should occur because the fact that the subjects were trained should lead to enhanced interaction between the students, and hence to greater elaboration.

In this experiment, first-year students of Medicine were given a problem on the effects of a bee sting, which they were asked to analyse in the group for a period of 30 minutes. The control group was given a non-relevant problem. After explanations for the problem had been generated in the group, under the supervision of a senior student (who acted as discussion leader), a text on blood pressure regulation was presented, which the subjects had to study.

The free-recall test yielded the following results: a significant difference was found between the group dealing with the bee sting problem and the one dealing with the control problem as to the total number of correctly remembered propositions. This confirms the elaboration hypothesis that problem analysis prior to learning the study text also leads to better remembering of the information from the text in an ecologically valid study. The supposition that the effect would occur primarily in the explanatory and not in the descriptive propositions, was not confirmed; neither were any significant differences found between the experimental group and the control group as to the number of inferences. Explanations for the absence of differences between the two groups with respect to the number of inferences during recall were found in the inferential reconstruction hypothesis.

Chapter 6

Chapter 6 describes a study in which the cognitive and metacognitive processes during problem analysis in the group were investigated by analysing both the verbal communications between members of the group and the corresponding mental processes. The aim of this study was twofold: to find out to what extent problem-based learning promotes conceptual changes, and to develop a method which is sensitive enough to record such phenomena.

Test subjects came from a group of second-year students of Medicine of the University of Maastricht. These students had considerable experience in the area of

problem analysis in groups. The group of students was asked to analyse a case presented in the study block Pain, which is part of the third year of the study of Medicine. The group of students analysed the problem for a period of 20 minutes. This group interaction was recorded on videotape in a professional recording studio. Immediately after the session, five identical copies of the master tape were produced with time codes. Mental processes were studied using a "stimulated recall" procedure. This meant that the participants were asked after the problem analysis stage to watch the video recording as a stimulus for stating everything they remembered to have thought. Verbatim transcripts, both of the verbal interaction in the groups and of the stimulated recall, were analysed.

The results of this study proved that the verbal interaction in the group only shows the tip of the iceberg of the cognitive and metacognitive processes on which it is based. The verbal interaction in the group discussion mainly concerned the forming of theories (giving explanations for the phenomena described in the problem), and to a lesser extent data exploration and metareasoning. Stimulated recall of the mental process during this discussion, however, yielded more as well as unique information concerning hypothesis evaluation and metareasoning. In the protocols prompted by the stimulated recall procedure, the process of conceptual change could be made visible. The way in which anomalies were dealt with could be described, as well as the conditions that determine how students deal with such anomalies. These results suggested that the method can in fact be used to register conceptual changes during problem analysis.

131

Chapter 7

Chapter 7 reports on a study of the nature of misconceptions in novices and advanced subjects in the field of osmosis, using the method of problem analysis. The aim of this study was to determine whether it was possible to use the method of problem analysis to identify these misconceptions. Problem analysis in small groups demands that students generate explanations on the basis of a problem description by means of discussion. The supposition is that constructing explanations in the group activates prior knowledge and that subjects elaborate on this, thus making explicit this prior knowledge and its characteristics.

The test subjects were a group of third-year pupils of PUE, a group of fourth-year pupils of PUE, and group of first-year HVE students. These were the same test subjects who also participated in the experiments described in Chapters 3 and 4. In small groups, the subjects analysed the blood cell problem presented to them. The verbal interaction between the group members was recorded in protocols, which constituted the basis for more detailed analyses.

The results of this study showed that problem analysis triggered a powerful activation of prior knowledge. The number and the great variety of explanations illustrate this (in particular in novices). The self-generated explanations show that

problem analysis activates a wide variety of knowledge areas, from practical experience to school knowledge. In addition to this variation, there were also a number of similarities. It appeared that there were accurate, but also regularly recurring inaccurate explanations for the process of osmosis. It was also possible to point to similarities regarding the form and contents of the explanations. The inaccurate explanations are understandable in the novices, because these are construed misconceptions, but they also occur in advanced subjects. The test results showed that problem analysis identifies at least those misconceptions that other researchers, using different research methods, had also observed. In addition, this research method also yielded a new misconception. The fact that misconceptions persevere in spite of education in this area, appeared from the misconceptions in the advanced subjects.

Chapter 8

In the last chapter, the results of the studies in this dissertation are interpreted on the basis of the above-mentioned elaboration theory. The limitations of this study concerned in particular the ability to generalise the study results and the restrictions of the study setup. Suggestions are made for further research. These include additional research of the cognitive processes during the problem-based learning process. Suggestions are also presented for improvement of the study setup to adapt more to the problem-based learning process. On the other hand, it is proposed to investigate whether the study results can be generalised in the case of subject matter of varying degrees of complexity for learners and in pupils and students from different study years.

Lastly, the implications of these studies for education are discussed. These implications concern in particular the optimisation of this stage of problem-based learning. Various factors are mentioned, including the role of the tutor in bringing about sufficient elaboration during problem analysis and the quality of the problems used as the starting points for a problem-based learning process.

Literatuur

- Alba, J. W., & Hasher, L. (1983). Is memory schematic. *Psychological Bulletin*, 93(2), 203-231.
- Alexander, P. A., Kulikowich, J.M. & Schulze, S.K. (1994). How subject-matter knowledge affects recall and interest. *American Educational Research Journal*, 31(2), 313-337.
- Ali, K. S. (1990). *Instructiestrategieën voor het activeren van preconcepties*. Academisch Proefschrift Katholieke Universiteit Brabant, Helmond: Wibra.
- Alvermann, D. E., & Hague, S.A. (1989). Comprehension of counterintuitive science text: Effects of prior knowledge and text structure. *Journal of Educational Research*, 82(4), 197-202.
- Alvermann, D. E., & Moore, D.W. (1991). Secondary school reading. In R. Barr, K. M. Kamil, P.B. Mosenthal, & P.D. Pearson (Eds.), *Handbook of reading research* (Vol. II, pp. 951-983). New York: Longman.
- Amir, R., Frankl, D.R., & Tamir, P. (1987). Justifications of answers to multiple choice items as a means for identifying misconceptions. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the second international seminar "Misconceptions and educational strategies in science and mathematics: Vol. I.* (pp. 15-25). Ithaca: Cornell University.
- Anderson, R. C. (1977). The notion of schemata and the educational enterprise: General discussion of the conference. In R. C. Anderson, R.J. Spiro, & W.E. Montague, (Eds.), *Schooling and the acquisition of knowledge*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, R. C., & Pearson, P.D. (1984). A schema-theoretic view of basic processes in reading comprehension. In P. D. Pearson (Ed.), *Handbook of reading research* (pp. 255-294). New York: Longman.
- Anderson, R. C. (1984). Some reflections on the acquisition of knowledge. *Educational Researcher*, 13, 5-10.
- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. (1980). *Problem based learning: An approach to medical education*. New York: Springer.
- Barrows, H. S. (1984). A specific problem-based, self-directed learning method designed to teach medical problem-solving skills, and enhance knowledge retention and recall. In: H.G. Schmidt & M.L. De Volder (Eds.), *Tutorials in problem-based learning*. Assen: Van Gorcum.
- Berkheimer, G. D., Anderson, C.W., & Speews, S.T. (1988). *Using conceptual change research to reason about curriculum*. (Tech. Rep.) East Lansing: Michigan State University, Institute for Research on Teaching.
- Berlyne, D. E. (1978). Curiosity and learning. *Motivation and Emotion*, 2, 97-175.
- Bernards, J. A., & Bouman, L.N. (1988). *Fysiologie van de mens*. (5 ed.). Houten: Bohn Stafleu Van Loghum.
- Berne, R. M., & Levy, M.N. (1992). *Cardiovascular Physiology*. (6 ed.). St Louis: Mosby.
- Bielaczyc, K., Pirolli, P.L., & Brown, A.L. (1995). Training in self-explanation and self-regulation strategies: Investigating the effects of knowledge acquisition activities on problem solving. *Cognition and Instruction*, 13(2), 221-252.
- Biemans, H. J. A. (1997). *Fostering activation of prior knowledge and conceptual change*. Academisch proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen.

- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives*. New York: David McKay.
- Boshuizen, H. P. A., Schmidt, H.G., & Coughlin, L.D. (1987). *On-line representation of a clinical case and the development of expertise*. Paper presented at the Annual Meeting of the Educational Research Association, Washington, DC.
- Bransford, J. D., & Johnson, M.K. (1972). Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 717-726.
- Brent Gallupe, R., Bastianutti, L.M., & Cooper, W.H. (1991). Unblocking brainstorming. *Journal of Applied Psychology*, 76, 137-142.
- Brewer, W. F., & Nakamura, G.V. (1984). The nature and functions of schemas. In R. S. Wyer & T.K. Srull, (Eds.), *Handbook of social cognition* (Vol. 1, pp. 119-160). Hillsdale: Erlbaum.
- Brewer, W. F. (1987). Schemas versus mental models in human memory. In P. Morris (Ed.), *Modeling Cognition* (pp. 187-197). London: John Wiley.
- Bromage, B. K., & Mayer, R.E. (1981). Relationship between what is remembered and creative problem solving performance in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 73(4), 453-461.
- Brown, A. L., & Palincsar, A.S. (1989). Guided, cooperative learning and individual knowledge acquisition. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction* (pp. 393-451). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Champagne, A. B., Klopfer, L.E., & Gunstone, R.F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. *Educational Psychologist*, 17(1), 31-53.
- Champagne, A. B., Gunstone, R.F., & Klopfer, L.E. (1985). Instructional consequences of students' knowledge about physical phenomena. In L. West & L. Pines, (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 61-90). Orlando: Academic Press.
- Champagne, A. B., & Bunce, D.M. (1991). Learning-theory-based science teaching. In S. M. Glyn, R.H. Yeany, & B.K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 21-41). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Farr, M.J. (1989). *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M.W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Chiesi, H. L., Spilich, G.J., & Voss, J.F. (1979). Acquisition of domain-related information in relation to high and low domain knowledge. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 257-273.
- Chinn, C. A., & Brewer, W.F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Clement, J. (1989). Learning via model construction and criticism. In J.A. Glover, R.R. Ronnin, & C.R. Reynolds (Eds.), *Handbook of Creativity* (pp. 341-382). New York: Plenum Press.
- Dam-Eemnes, C. v. (1981). Osmose en de rest: Wat heb je graag? *Bulletin van Biologieonderwijs*, 31, 48-53.
- Dawson-Saunders, B. K., Feltovitch, P.J., Couslon, R.L. & Steward, D. (1987). The current "top 20" hits: Biomedical concepts all medical students need to understand. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Washington, D.C.

- Dansereau, D. F. (1988). Cooperative learning strategies. In C. E. Weinstein (Ed.), *Learning and study strategies: Issues in assessment, instruction and evaluation* (pp. 103-120) Orlando, FL: Academic Press.
- De Grave, W. S., Schmidt, H.G., Belien, J.J., Moust, J.H.C., De Volder, M.L., & Kerkhofs, L.M.M. (1984). *Effecten van verschillende typen van activatie van voorkennis op recall, gemeten met een aanvultoets*. Paper gepresenteerd op de Onderwijs Research Dagen, Tilburg.
- De Grave, W. S., Schmidt, H.G., De Volder, M.L., & Moust, J.H.C. (1987). *Can previously acquired knowledge be activated through small group discussion?* Paper gepresenteerd op het jaarlijks congres van de American Educational Research Association, Washington, DC, April. Educational Resources Information Center(ERIC), ED321712.
- De Grave, W. S., & Frijns, P. (1993). Schematiseren als studievaardigheid bij probleemgestuurd leren. *Velon Tijdschrift voor Leraren Opleiders*, 15(1), 42-47.
- De Grave, W. S., Boshuizen, H.P.A., & Snellen-Balendong, H.A.M. (1994). Moeilijkheden die studenten ervaren met de leerstof uit de eerste twee jaren van de studie geneeskunde. In E. Hourkoop, J. Pols, M.C. Pollemans, A.J.J.A. Scherpbier, & G.M. Verwijnen (Eds.), *Gezond Onderwijs Congres 3* (pp. 261-267). 's Gravenhage: Haasbeek.
- De Grave, W. S., Boshuizen, H.P.A., & Schmidt, H.G. (1996). Problem based learning: Cognitive and metacognitive processes during problem analysis. *Instructional Science*, 24, 321-341.
- Diehl, M., & Stroebe, W. (1987). Productivity loss in brainstorming groups: Towards a solution of the riddle. *Journal of Personality and Social Psychology*, 53, 497-509.
- Dreyfus, A., & Jungwirth, E. (1988). The cell concept of 10th graders: Curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, 10(2), 221-229.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change. Some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In E. G. R. Driver, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 193-201). Philadelphia: Open University Press.
- Erkens, G. (1997). *Coöperatief probleemoplossen met computers in het onderwijs*. Academisch Proefschrift. Rijksuniversiteit Utrecht. Utrecht: Brouwer.
- Feltovitch, P. J., Spiro, R.J., & Coulson, R.L. (1989). The nature of conceptual understanding in biomedicine: The deep structure of complex ideas and the development of misconceptions. In D. A. Evans & V.L. Patel, (Eds.), *Cognitive science in medicine* (pp. 113-172). Cambridge MA: MIT Press.
- Fisher, K. M., & Lipson, J.I. (1986). Twenty questions about student errors. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(9), 783-803.
- Friedler, Y., Amir, R., & Tamir, P. (1987). High school students difficulties in understanding osmosis. *International Journal of Science Education*, 9(5), 541-551.
- Gabbert, B., Johnson, D.W., & Johnson, R.T. (1986). Cooperative learning, group-to-individual transfer, process gain, and the acquisition of cognitive reasoning strategies. *The Journal of Psychology*, 120(3), 265-278.
- Gardner, M., Greeno, J.G., Reif, F., Schoenfeld, A.H., DiSessa, A., & Stage, E. (1990). *Toward a scientific practice of science education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Goetz, E. T., Schallert, D.L., Reynolds, R.E., & Radin, D.I. (1983). Reading in Perspective: What real cops and pretend burglars look for in a story. *Journal of Educational Psychology*, 75, 500-510.

- Gunstone, R. F. (1988). Learners in science education. In F. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in science education* (pp. 73-95). London: The Falmer Press.
- Guyton, A. C. (1991). *Medical Physiology*. (8 ed.). Philadelphia: Saunders.
- Guzzetti, B. J., Snyder, T.E., Glass, G.V., & Gamas, W.S. (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28(2), 117-159.
- Hamilton, R. (1989). The effects of learner-generated elaborations on concept learning from prose. *Journal of Experimental Education*, 205-216.
- Hashweh, M. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.
- Hashweh, M. (1988). Descriptive studies of students' conceptions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(2), 121-134.
- Hassebrock, F., & Prietula, M.J. (1992). A protocol-based coding scheme for the analysis of medical reasoning. *International Journal of Man-Machine Studies*, 37, 613-652.
- Hill, G. W. (1982). Group versus individual performance: Are N + 1 heads better than one? *Psychological Bulletin*, 91(3), 517-539.
- Johnson, D. W., & Johnson, R.T. (1989). *Cooperation and competition*. Edina: Interaction Book Company.
- Johnstone, A. H., & Mahmoud, N.A. (1980a). Isolating topics of high-perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*, 14(2), 163-166.
- Johnstone, A. H., & Mahmoud, N.A. (1980b). Pupil's problems with water potential. *Journal of Biological Education*, 14(4), 325-328.
- Kanselaar, G., Linden, J.L. van der, & Erkens, G. (1997). Samenwerkend leren in het studiehuis. In *Studiehuis in de steigers*, 3. Tilburg: Meso Consult B.V.
- Kapczyn, M. (1990). The function of organizational levels in biology for describing and planning biology education. In P. L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos, & A.J. Waarloo, (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (pp. 139-150). Utrecht: CD-B Press.
- King, A. (1992). Facilitating elaborative learning through guided student-generated questioning. *Educational Psychologist*, 27(1), 111-126.
- King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American Educational Research Journal*, 31(2), 338-368.
- Kintgen, E. R. (1983). *The perception of poetry*. Bloomington: Indiana University Press.
- Kintsch, E., & Kintsch, W. (1995). Strategies to promote active learning from text: Individual differences in background knowledge. *Swiss Journal of Psychology*, 54(2), 141-151.
- Kintsch, W. (1993). Information accretion and reduction in text processing: Inferences. *Discourse Processes*, 16, 193-202.
- Kintsch, W. (1994). Text comprehension, memory, and learning. *American Psychologist*, 49(4), 294-303.
- Lamberigts, R. J. A. G., Verhagen, E.J., Gerris, J.R.M., & Campbell, H.W. (1986). Coöperatieve leer groepen in perspectief van onderzoek. *Pedagogische Studiën*, 63, 262-274.
- Lamm, H., & Trommsdorff, G. (1973). Group versus individual performance on tasks requiring ideational proficiency (brainstorming): A review. *European Journal of Social Psychology*, 3(4), 361-388.
- Langer, J. A. (1981). From theory to practice. *Journal of Reading*, 25, 152-156.
- Langer, J. A. (1984). Examining background knowledge and text comprehension. *Reading Research Quarterly*, 19(4), 468-481.

- Levin, J. R. (1988). Elaboration-based learning strategies: Powerful theory = powerful application. *Contemporary Educational Psychology*, 13, 191-205.
- Lijnse, P. L., Licht, P., Vos, W. de, & Waarloo, A. J. (1990). *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*. Utrecht: CD-B Press.
- Linden, J. L. van der (1987). Samenwerken en leren in het onderwijs. In: J.H. Boonman, & J.L. van der Linden (Eds.), *Taal, leren en samenwerken in het onderwijs*. (pp. 81-91) Lisse: Swets & Zeitlinger B.V.
- Linn, M. C. (1986). Science. *Cognition and Instruction*, 155-204.
- Loewenstein, G. (1994) The psychology of curiosity: A review and reinterpretation. *Psychological Bulletin*, 116, 75-98.
- Machiels-Bongaerts, M. (1993). *Mobilizing prior knowledge in text processing*. Academisch Proefschrift, Universiteit van Limburg, Maastricht.
- Marek, E. (1986). Understandings and misunderstandings of biology concepts. *The American Biology Teacher*, 48(1), 37-40.
- Mayer, R. E. (1980). Elaboration techniques that increase the meaningfulness of technical text: An experimental test of the learning strategy hypotheses. *Journal of Educational Psychology*, 72(6), 770-784.
- Mayer, R. E. (1985a). How to analyze science prose. In B. K. Britton & J.B. Black (Eds.), *Understanding expository text* (pp. 305-313). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mayer, R. E. (1985b). Structural analysis of science prose: Can we increase problem-solving performance? In B. K. Britton & J.B. Black (Eds.), *Understanding expository text* (pp. 65-87). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mayer, R. E. (1987). Instructional variables that influence cognitive processes in reading. In B. K. Britton & S.M. Glynn (Eds.), *Executive control processes in reading* (pp. 201-216). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mayer, R. E. (1989a). Models for understanding. *Review of Educational Research*, 59(1), 43-64.
- Mayer, R. E. (1989b). Systematic thinking fostered by illustrations in scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 81(2), 240-246.
- Mayer, R. E. (1995). A second look at increasing the understandability of scientific text. *The Journal of Computer Documentation*, 19(3), 45-50.
- Mayer, R. E. (1996). Learning strategies for making sense out of expository text: The SOI model for guiding three cognitive processes in knowledge construction. *Educational Psychology Review*, 8(4), 357-371.
- McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. In D. Gentner & A. Stevens (Ed.), *Mental models* (pp. 299-324). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- McGrath, J. E. (1984). *Groups: Interaction and performance*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Moust, J. H. C., Bouhijs, P.A.J., & Schmidt, H.G. (1989). *Probleemgestuurd leren*. Groningen: Wolters Noordhoff.
- Mullen, B., Johnson, C., & Salas, E. (1991). Productivity loss in brainstorming groups: A meta-analytic integration. *Basic and Applied Social Psychology*, 12(1), 3-23.
- Murray, D. L. (1983). *Misconceptions of osmosis*. In H.Helm & J.D. Novak (Eds.), *Proceedings of the international seminar "Misconceptions in science and mathematics"* (pp. 428-433). Ithaca, NY: Cornell University.
- Norman, G. R. S., & Schmidt, H.G. (1992). The psychological basis of problem based learning: A review of the evidence. *Academic Medicine*, 67, 557-565.
- Odom, A. L. (1995). Secondary & college biology students' misconceptions about diffusion & osmosis. *The American Biology Teacher*, 57(7), 409-413.

- O'Donnell, A. M., & O'Kelly, J. (1994). Learning from peers: Beyond the rhetoric of positive results. *Educational Psychologist*, 29, 321-349.
- O'Donnell, A. M. D., & Dansereau, D.F. (1992). Scripted cooperation in student dyads: A method for analyzing and enhancing academic learning and performance. In R. Hertz-Lazarowitz & N. Miller (Eds.), *Interaction in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning* (pp. 120-144). New York: Cambridge University Press.
- Osborn, A. F. (1957). *Applied Imagination*. New York: Charles Scribner and Sons.
- Osman, M. E., & Hannafin, M.J. (1994). Effects of advance questioning and prior knowledge on science learning. *Journal of Educational Research*, 88(1), 5-13.
- Peeck, J. (1982a). Effects of mobilization of prior knowledge on free recall. *Journal of Experimental Psychology*, 8(6), 608-612.
- Peeck, J., Bosch, A.B. van den, & Kreupeling, W.J. (1982b). Effect of mobilizing prior knowledge on learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 74(5), 771-777.
- Perfetti, C. (1985). *Readability and learning from text*. (Tech. Rep.) Pittsburgh: Learning Research and Development Center.
- Perkins, D. N., & Simmons, R. (1988). Patterns of misunderstanding: An integrative model for science, math and programming. *Review of Educational Research*, 58(3), 303-326.
- Pfundt, H., & Duit, R. (1994). *Bibliography students alternative frameworks and science education*. (4 ed.). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Pichert, J. W., & Anderson, R.C. (1977). Taking different perspectives on a story. *Journal of Educational Psychology*, 69, 309-315.
- Prawat, R. (1989). Promoting access to knowledge, strategy and disposition in students: A research synthesis. *Review of Educational Research*, 59(1), 1-41.
- Pressley, M., McDaniel, M.A., Turnure, J.E., Wood, E., & Ahmad, M. (1987). Generation and precision of elaboration: Effects on intentional and incidental learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 291-300.
- Pressley, M., Tanenbaum, R., McDaniel, M.A., & Wood, E. (1990). What happens when university students try to answer prequestions that accompany textbook material? *Contemporary Educational Psychology*, 15, 27-35.
- Pressley, M., Wood, E., Woloshyn, V.E., Martion, V., King, A., & Menke, D. (1992). Encouraging mindful use of prior knowledge: Attempting to construct explanatory answers facilitates learning. *Educational Psychologist*, 27(1), 91-109.
- Pressley, M., & Afflerbach, P. (1995). *Verbal protocols of reading*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Reder, L. M. (1980). The role of elaboration in the comprehension and retention of process: A critical review. *Review of Educational Research*, 50(1), 5-53.
- Reder, L. M. (1985). Techniques available to author, teacher and reader to improve retention of main ideas of a chapter. In J. Segal & S. Chipman (Eds.), *Thinking and learning skills: Research and open questions: Vol. 2*, (pp. 37-64). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Reder, L. M., Charny, D.H., & Morgan, K.I. (1986). The role of elaborations in learning a skill from an instructional text. *Memory and Cognition*, 14(1), 64-78.
- Ros, A. A. (1994). *Samenwerking tussen leerlingen en effectief onderwijs*. Academisch Proefschrift. Universiteit Groningen: RION.
- Roschelle, J. (1992). Learning by collaborating: Convergent conceptual change. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(3), 235-276.
- Rothkopf, E. Z., & Ballingon, M.J. (1979). Goal guided learning for text: Inferring a descriptive processing model from inspection times and eye movements. *Journal of Educational Psychology*, 71, 310-327.

- Rumelhart, D. E., & Norman, D.A. (1978). Accretion, tuning, and restructuring. Three modes of learning. In J. W. Cotton & R. Klatzky, (Eds.), *Semantic Factors in Cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rumelhart, D. E. (1984). Schemata and the cognitive system. In R. S. Wyer & T.K. Srull, (Eds.), *Handbook of social cognition* (pp. 161-188). Hillsdale: Erlbaum.
- Sahari, M. (1997) Elaboration as a text-processing strategy: A meta-analytic review. *Regional English Language Center Journal*, 28, 15-27.
- Sandoval, J. (1995). Teaching in subject matter areas: Science. *Annual Review of Psychology*, 46, 355-374.
- Schmidt, H. G. (1982). *Activatie van voorkennis, intrinsieke motivatie en de verwerking van Tekst*. Academisch Proefschrift Universiteit Limburg, Apeldoorn: Van Walraven.
- Schmidt, H. G. (1983). Problem based learning: Rationale and description. *Medical Education*, 17, 11-16.
- Schmidt, H. G. (1984). Activatie van voorkennis en tekstverwerking. *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie*, 39, 335-347.
- Schmidt, H. G., Spaay, G., & Grave, de W.S. (1988). Opsporen van misconcepties bij middelbare scholieren. *Tijdschrift voor Onderwijsresearch*, 13, 129-140.
- Schmidt, H. G., De Volder, M.L., Grave, W.S. de, Moust, J.H.C., & Patel, V.L. (1989). Explanatory models in the Processing of Science Text: The role of Prior Knowledge Activation Through Small-Group Discussion. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 610-619.
- Schmidt, H. G. (1993). Foundations of problem based learning: Some explanatory notes. *Medical Education*, 27, 422-432.
- Schmidt, H. G. (1994). Resolving inconsistencies in tutor expertise research: Does lack of structure cause students to seek tutor guidance. *Academic Medicine*, 69(8), 656-662.
- Schmidt, H. G., Moust, J.H.C. (1995). What makes a tutor effective? A structural-equations modeling approach to learning in problem-based curricula. *Academic Medicine*, 70(8), 708-714.
- Schraw, G., Bruning, R., & Svoboda, C. (1995). Sources of situational interest. *Journal of Reading Behavior*, 27(1), 1-17.
- Shuell, T. J. (1986). Cognitive conceptions of learning. *Review of Educational Research*, 56(4), 411-436.
- Slavin, R. E. (1991). When and why does cooperative learning increase achievement? Theoretical and empirical perspectives. In R. Hertz-Lazarowitz, & N. Miller (Eds.), *Interaction in cooperative groups. The theoretical anatomy of group learning* (pp. 145-173). Cambridge: Cambridge University Press.
- Slavin, R. E. (1990). *Cooperative learning: Theory, research and practice*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Smith, J. P., DiSessa, A.A., & Roschelle, J. (1994). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115-164.
- Snow, R. E., & Lohman, D.F. (1984). Toward a theory of cognitive aptitude for learning from instruction. *Journal of Educational Psychology*, 76(3), 347-376.
- Steffe, L. P., & Gale, J. (1995). *Constructivism in Education*. Hillsdale: Erlbaum.
- Striley, J. (1988). Physics for the rest of us. *Educational Researcher*, 17, 7-10.

- Stroebe, W., & Diehl, M. (1994). Why groups are less effective than their members: On productivity losses in idea-generating groups. In: W. Stroebe & M. Hewstone (Eds.) *European Review of Social Psychology*, 5 (pp. 271-303). New York: John Wiley & Sons.
- Tierney, R. J., & Cunningham, J.W. (1984). Research on teaching reading comprehension. In P. D. Pearson (Ed.), *Handbook of reading research* (pp. 609-655). New York: Longman.
- Van den Broek, P., Fletcher, C.R., & Ridsen, K. (1993). Investigations of inferential processes in reading: A theoretical and methodological integration. *Discourse Processes*, 16, 169-180.
- Van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1984). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- Vedder, P. (1985). *Cooperative Learning: A study on processes and effects of cooperation between primary school children*. 's Gravenhage: Stichting voor Onderzoek van het Onderwijs.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51-67.
- Webb, N. M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13, 21-41.
- Webb, N. M. (1991). Task-related verbal interaction and mathematics learning in small groups. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22(5), 366-389.
- Webb, N. M. (1992). Testing a theoretical model of student interaction and learning in small groups. In R. Hertz-Lazarowitz & N. Miller (Ed.), *Interaction in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning* (pp. 102-120). New York: Cambridge University Press.
- Webb, N. M., Troper, J.D., & Fall, R. (1995). Constructive activity and learning in collaborative groups. *Journal of Educational Psychology*, 87(3), 406-423.
- Webb, N. M., & Sullivan-Palincsar, A. (1996). Group processes in the classroom. In D. C. Berliner, & R.C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 841-873). New York: Simon & Schuster Macmillan.
- Weinstein, C. E., & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 315-327). New York: Macmillan.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London: Falmer Press.
- Wilson, P. T., & Anderson, R.C. (1986). What they don't know will hurt them: The role of prior knowledge in comprehension. In J. Orasanu (Ed.), *Reading comprehension: From research to practice* (pp. 31-48). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wong, E. D. (1993). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Education*, 30(4), 367-380.
- Yinger, R. J. (1986). Examining thought in action: A theoretical and methodological critique of research on interactive teaching. *Teaching and Teacher Education*, 2, 263-282.
- Zuckerman, J. T. (1994). Accurate and inaccurate conceptions about osmosis that accompanied meaningful problem solving. *School Science and Mathematics*, 94(5), 226-234.
- Zuckerman, J. T. (1994). Problem solvers conceptions about osmosis. *The American Biology Teacher*, 56(1), 22-25.
- Zuckerman, J. T. (1995). Use of inappropriate and inaccurate conceptual knowledge to solve an osmosis problem. *School Science and Mathematics*, 95(3), 124-129.

APPENDIX 1

Osmose en diffusie

Osmose is het verschijnsel waarbij een sterkere oplossing water aantrekt uit een zwakkere oplossing, wanneer deze oplossingen gescheiden zijn door een half-doorlaatbare wand. Het Griekse woord 'osmos' betekent aanzuiging. De aanzuiging van watermoleculen kan tot stand komen door middel van diffusie (diffundere betekent uitbreiden).

Diffusie is een proces waarbij moleculen bewegen van een plaats met een hoge concentratie van die moleculen naar een plaats met een lage concentratie.

Stoffen zijn opgebouwd uit moleculen. De moleculen zijn niet statisch in de stof verankerd maar zijn steeds in beweging. In een vaste stof zitten de moleculen dicht op elkaar en kunnen daarom alleen op hun plaats heen en weer bewegen. In gassen en vloeistoffen zitten de moleculen zo ver van elkaar af dat ze vrijelijk, kriskras door elkaar heen kunnen bewegen. Ze botsen daarbij voortdurend tegen elkaar en tegen de wand van de ruimte waarin het gas of de vloeistof zich bevindt.

141

Diffusie in een gas treedt op wanneer zich op een bepaalde plaats in een ruimte minder gasmoleculen bevinden dan op een andere plaats in die ruimte. Voorbeeld: in het scheikundelokaal van de school raakt een cilinder met waterstofsulfidegas lek, gas dat naar rotte eieren ruikt. Korte tijd daarna stinkt de hele school. De moleculen die zich in grote getale in het scheikundelokaal bevonden op het tijdstip waarop de cilinder lek raakte, hebben zich door hun grote beweeglijkheid binnen korte tijd over de hele school verspreid. Deze verspreiding gaat zolang door totdat zich overal in de school dezelfde hoeveelheid waterstofsulfide-moleculen bevinden (tussen de luchtmoleculen in). In vloeistoffen zitten de moleculen niet zo ver van elkaar als in gassen, maar kunnen zich toch door de hele vloeistof verplaatsen.

De moleculen in een vloeistof zitten zover van elkaar af dat andere moleculen 'ertussen kunnen kruipen'. We zeggen dan dat die moleculen in die vloeistof oplossen. Wanneer men suiker in water oplost, kruipen de suikermoleculen tussen de watermoleculen en er ontstaat een suikeroplossing. Het suikerklontje dat aanvankelijk nog zichtbaar is, verdwijnt na verloop van tijd. De suikermoleculen bewegen van de bodem van het glas, waar ze in grote concentratie aanwezig zijn, naar de rest van het water (lage concentratie). Dit gaat zolang door totdat zich overal in het water een gelijke hoeveelheid suikermoleculen bevindt; de suiker is nu homogeen over het water verdeeld.

We nemen aan dat we een bak hebben met in het midden een tussenschot; rechts laten we er een suikeroplossing inlopen die op elke 98 moleculen water 2 moleculen suiker bevat, links een oplossing die op 90 moleculen water 10 moleculen suiker bevat. Als vervolgens het tussenschot wordt verwijderd, zijn beide oplossingen niet meer gescheiden en kunnen er moleculen van links naar rechts en omgekeerd bewegen. In het grensvlak zullen meer watermoleculen van rechts naar links bewegen (omdat er rechts meer zijn) dan omgekeerd en meer suikermoleculen van links naar rechts dan omgekeerd. Na enige tijd is er rechts meer suiker en minder water gekomen en links omgekeerd. Dit gaat zolang door totdat er rechts en links evenveel watermoleculen en evenveel suikermoleculen zijn, dus 94 moleculen water op 6 moleculen suiker. Dan gaan er van beide soorten moleculen evenveel naar rechts als naar links; er is evenwicht ingetreden, maar de moleculen blijven bewegen. Door diffusie zijn er gemiddeld meer suikermoleculen van links naar rechts bewogen en meer watermoleculen van rechts naar links.

Diffusie komt dus tot stand vanwege het feit dat moleculen, en ook ionen, vrij in een vloeistof of in een gas kunnen bewegen. De energie voor deze beweging wordt geleverd door de moleculen of ionen zelf. Diffusie verloopt echter sneller naarmate: *a.* De temperatuur hoger wordt; als de temperatuur hoger wordt gaan de moleculen sneller bewegen, *b.* het concentratieverschil groter is; als het concentratieverschil groter wordt, bewegen er meer moleculen van de hoger naar de lagere concentratie, *c.* het oppervlak waar doorheen de moleculen diffunderen groter wordt; er kunnen meer moleculen per tijdseenheid van de hogere naar de lagere concentratie diffunderen, *d.* de afstand waarover de moleculen moeten bewegen kleiner is; wanneer die afstand klein is wordt de evenwichtstoestand eerder bereikt. De diffusiesnelheid is bovendien nog afhankelijk van de aard van de moleculen, o.a. de grootte van de moleculen; hoe groter het molecuul, hoe langzamer het diffundeert. De snelheid waarmee de evenwichtstoestand bereikt wordt, is afhankelijk van het feit of diffusie in een gas of in een vloeistof plaatsvindt. In een gas is die snelheid over het algemeen groter.

Diffusie speelt bijna altijd een rol bij de opname of afgifte van stoffen, hetzij op het niveau van de cel, hetzij op het niveau van het organisme. Bij eencellige organismen vindt opname van zuurstof en afgifte van kooldioxyde plaats door middel van diffusie. Datzelfde geldt ook voor meercellige organismen.

De half-doorlaatbare of semi-permeabele wand, die de begrenzing vormt van alle cellen, laat gewoonlijk alleen water door; stoffen die in dat water zijn opgelost kunnen het membraan niet zonder meer passeren. De semi-permeabele membraan staat met andere woorden dus van oplossingen alleen de vrije diffusie van water toe. Stoffen die buiten de cel in de oplossing aanwezig zijn kunnen niet in de cel mee diffunderen.

Als zich nu aan weerszijden van een semi-permeabele membraan verschillend geconcentreerde oplossingen van een stof in water bevinden, treedt het volgende ver-

schijnsel op: Er diffundeert gemiddeld meer water van de kan van de oplossing met de laagste concentratie van opgeloste stoffen naar de kant van de oplossing met de hoogste concentratie dan omgekeerd, doordat de waterconcentratie in de zwakke oplossing hoger is dan de waterconcentratie in de sterkste oplossing.

Daar de opgeloste stof niet mee kan diffunderen, wordt de sterke oplossing geleidelijk verdund en neemt deze in volume toe; de zwakke oplossing wordt steeds meer geconcentreerd en neemt in volume af. Dit verschijnsel zet zich voort totdat beide oplossingen een gelijke concentratie hebben. We noemen dit osmose. Osmose kunnen we dus definiëren als de diffusie van water door een semi-permeabele wand van een zwakkere naar een sterkere oplossing. We kunnen het verschijnsel op de volgende manier verklaren: Stel dat aan beide zijden van een semi-permeabele wand een verschillende hoeveelheid suiker in water is opgelost. In de sterke oplossing is dat 20 suikermoleculen per 80 watermoleculen; in de zwakke oplossing is dat 5 suikermoleculen per 95 watermoleculen. Omdat moleculen altijd in beweging zijn, zullen er steeds moleculen tegen de semi-permeabele wand botsen. Van de 100 moleculen die aan de ene kant tegen die wand botsen kunnen er maar 80 door die wand heen (namelijk de watermoleculen), van de 100 moleculen die aan de andere wand tegen die wand botsen kunnen er echter 95 doorheen. Er gaan dus in de uiterst korte tijd dat er aan weerszijden 100 moleculen botsen 15 moleculen meer van de zwakke naar de sterke oplossing dan er van de sterke naar de zwakke oplossing gaan. Dit osmotisch proces gaat door tot beide oplossingen even sterk zijn, dat wil zeggen tot van beide zijden evenveel watermoleculen door de wand gaan. Er is dan een evenwicht bereikt. De volume toename die bij osmose optreedt in de sterkste oplossing gaat gepaard met het opbouwen van een bepaalde druk. Deze druk wordt osmotische druk genoemd. Deze druk is het gevolg van het verschil in waterconcentratie tussen de vloeistoffen aan weerszijden van de membraan. De osmotische druk kan gemeten worden met behulp van een zogenaamde osmometer. Deze bestaat uit een ruimte omgeven door een semi-permeabele membraan - de wand van een varkensblaas wordt hiervoor gebruikt - waarop een stijgbuis is aangesloten. Wanneer binnen de membraan een sterke suikeroplossing gebracht wordt en de osmometer in een bakje met een zwakke suikeroplossing gezet wordt, gaat de oplossing in de buis omhoog, omdat ie oplossing water aanzuigt. Dit opzuigen gaat niet eindeloos door want de vloeistofkolom in de buis oefent een druk uit waardoor watermoleculen uit de varkensblaas geperst worden. Er ontstaat een evenwicht wanneer de aanzuigende kracht van de oplossing in de varkensblaas gelijk is aan de tegendruk van de vloeistofkolom. De aanzuigende kracht van de sterkere oplossing kan nu uitgedrukt worden in een bekende kracht, namelijk de druk van de vloeistofkolom. De druk van de vloeistofkolom is dus gelijk aan de aanzuigende of osmotische druk van de sterkere oplossing. De osmotische druk van een bepaalde oplossing is maximaal wanneer deze door een semi-permeabele wand gescheiden is van zuiver water. Deze maximale osmotische druk van de op-

lossing wordt osmotische waarde genoemd. De osmotische waarde van een oplossing is evenredig met de verhouding van het aantal opgeloste moleculen en/of ionen ten opzichte van het aantal watermoleculen.

Als twee oplossingen dezelfde osmotische waarde hebben, kan er geen osmose tussen deze oplossingen plaatsvinden; men noemt ze isotonisch ten opzichte van elkaar. (iso = gelijk, tonos = spanning). Als twee oplossingen een verschillende osmotische waarde hebben, dan is de oplossing met de hoogste osmotische waarde hypertonisch ten opzichte van die met de laagste osmotische waarde, die hypotonisch is. (hyper = over, bovenuit, hypo = onder). Osmose vindt dan plaats van de hypotonische naar de hypertonische oplossing, met andere woorden de hypertonische oplossing zuigt water aan uit de hypotonische oplossing.

Een cel bestaat uit een hoeveelheid vloeistof, het cytoplasma, waarin zich een aantal celonderdelen, de celorganellen, bevinden. Het voornaamste celorganel is de kern, die noodzakelijk is voor het voortbestaan van een cel. De cel wordt omgeven door een semi-permeabele wand, de membraan, ook wel cytoplasma genoemd.

Een cel die zich in zuiver water bevindt neemt door osmose water op. Het plasma binnen de cel is namelijk hypertonisch ten opzichte van het uitwendig milieu van de cel, in dit geval zuiver water. In het cytoplasma bevinden zich zouten en eiwitten die de celinhoud een bepaalde osmotische waarde verlenen. De cel zwelt tengevolge van de wateropname en zou daardoor kapot kunnen knappen. Bij plantaire cellen wordt dit voorkomen doordat deze cellen een celwand bezitten. De celwand is volledig doorlaten (permeabel) voor water en de daarin opgeloste stoffen. Andere cellen hebben zo'n wand soms niet.

Een plantecel bevat tevens een speciaal celorganel, de vakuole. In deze vakuole zijn zouten, reservestoffen, afvalstoffen, zuren en kleurstoffen opgelost, waardoor de plantecel die osmotische waarde heeft. Wanneer een plantecel zich in een hypotonisch milieu (hypotonisch ten opzichte van de vakuole) bevindt zal er door osmose water uit het milieu worden aangezogen. Het water komt in de vakuole terecht en deze zwelt daardoor. Omdat de vakuole groter wordt is er in de cel minder plaats voor het cytoplasma en de overige celorganellen. Het cytoplasma met de daarin zwevende celorganellen wordt steeds meer tegen de membraan en daardoor ook steeds meer tegen de celwand aangedrukt. Deze druk van de inhoud van de cel op de celwand wordt turgor genoemd. Naarmate er meer water door de cel wordt aangezogen, neemt de vakuole in grootte toe en neemt ook de druk waarmee het cytoplasma tegen de celwand aangedruwd wordt steeds meer toe. De celwand is enigszins elastisch en kan door de toenemende druk van binnen uit de cel enigszins uitrekken. De totale cel wordt dan ook groter. De toename vindt voornamelijk in de lengterichting plaats. Op een gegeven moment kan de celwand niet meer verder uitrekken. De osmotische waarde van de cel is nog steeds zo hoog dat de vakuole-inhoud nog steeds hypertonisch is ten opzichte van het uitwendig milieu. De wateropname blijft dus doorgaan en de vakuole neemt nog meer in omvang

toe. De druk op de celwand, uitgeoefend door de vakuole en het cytoplasma, neemt eveneens nog toe. Doordat de celwand niet verder kan uitrekken oefent deze een tegendruk uit, de zgn. wanddruk. De cel neemt dus niet meer in grootte toe wanneer de osmotische waarde (waarmee water de cel binnentreedt) even groot is als de wanddruk (waarmee water de cel wordt uitgedrukt). De spanning van de celwand als gevolg van de turgor geeft de plantecel grote stevigheid. De stevigheid van kruidachtige planten berust vrijwel geheel op de turgor.

Plantecellen zijn alleen in turgor zolang het vakuolevocht en het cytoplasma hypertonisch zijn ten opzichte van de oplossing buiten de cel. Deze oplossing kan de plant geheel omringen (waterplanten) of bevindt zich in de bodem (landplanten). De oplossing bevindt zich om elke cel doordat de poreuze, permeabele celwanden er geheel mee doordrenkt zijn. Als plantecellen door verdamping water verliezen, wordt dit door osmose weer aangevuld. Bij landplanten gebeurt dit vanuit de wortels en bij waterplanten ook direct in de stengel en bladeren.

Wanneer het vakuolevocht door bijzondere omstandigheden isotonisch zou zijn ten opzichte van het milieu waarin de cel zich bevindt, vindt er geen wateropname plaats en ontstaat er geen turgor en daardoor ook geen wanddruk. De cel verliest zijn stevigheid en wordt slag en kleiner omdat de celwand niet uitgerekt is.

Komt de cel in een hypertonisch milieu dan wordt er geen water uit het milieu aangezogen door de cel, maar wordt er door het milieu water aangezogen uit de cel. De cel krimpt daardoor nog verder. De vakuole wordt zo klein dat het cytoplasma niet meer tegen de celwand aangedrukt wordt. Wordt de vakuole nog kleiner dan laat het cytoplasma los van de celwand (plasmolyse). De vakuole met daaromheen het cytoplasma ligt nu geheel los van de celwand en de cel heeft alle stevigheid verloren. Deze toestand kan weer ongedaan gemaakt worden door de cel weer in een hypotonisch milieu te brengen (zuiver water) mits de plasmolyse niet al te lang duurt.

APPENDIX 2

Regulatie van de bloeddruk

De primaire functie van het circulatiesysteem is de voorzieningen te leveren voor weefsel metabolisme en groei en de producten van metabolisme te verwijderen. Om te verklaren hoe het hart en de bloedvaten deze functie dienen is het noodzakelijk om het systeem morfologisch en functioneel te analyseren en de mechanismen van de component delen in hun bijdrage tot het handhaven van adequate weefseldoorbloeding onder verschillende fysiologische condities. Wanneer de functies van de verschillende onderdelen zijn begrepen is het essentieel dat hun interrelaties in de algemene rol van het circulatiesysteem worden beschouwd. Weefseldoorbloeding is afhankelijk van arteriële druk en lokale vasculaire weerstand en arteriële druk is weer afhankelijk van hartminuutvolume en totale perifere weerstand. Arteriële druk wordt gehandhaafd binnen een relatief kleine reikwijdte in het normale individu, een kenmerk dat wordt bereikt door de wederkerige veranderingen in hartminuutvolume en totale perifere weerstand. Hartminuutvolume en perifere weerstand worden echter elk beïnvloedt door een aantal factoren en het is de wisselwerking tussen deze factoren die het nivo van deze twee variabelen bepaald. Het autonome zenuwstelsel en de baroreceptoren spelen de sleutelrol in het reguleren van de bloeddruk. Echter vanuit het standpunt van de lange termijn is de controle van vloeistof-evenwicht door de nier, adrenale cortex en centraal zenuwstelsel, met daarbij het handhaven van een constant bloed volume van het grootste belang.

In deze tekst worden achtereenvolgens de volgende onderdelen van het circulatiesysteem behandeld. Allereerst wordt dieper ingegaan op de verschillende componenten van het vaatstelsel. Vervolgens wordt ingegaan op de factoren die het hartminuutvolume bepalen. Daarna komt de regulatie van de bloeddruk aan de orde waarbij vooral ingegaan wordt op de korte termijn regulatie. Tenslotte wordt anafylactische shock behandeld.

Druk en stroming in het vaatstelsel; hemodynamica

Het bloed stroomt in het vaatstelsel onder invloed van een drukverschil. Dit drukverschil (ΔP) wordt hoofdzakelijk door de werking van het hart maar ook door krachten van extra cardiale oorsprong gehandhaafd. Bloed stroomt naar een plaats

met een lagere druk. Om de stroomsnelheid (F) te kunnen bepalen met men echter weten wat de weerstand (R) is waartegen het bloed in moet stromen. De volgende formule is hierop van toepassing:

$$F = \frac{\Delta P}{R}$$

De weerstand wordt bepaald door de factoren:

1. viscositeit van de vloeistof, Als de viscositeit van de vloeistof groter is dan ondervindt de stromende vloeistof meer weerstand.

2. De breedte van de vaten. Hoe wijder de vaten des te lager de weerstand. In het vaatstelsel is de wand elastisch, d.w.z. door verhoging van de druk in het vat kan de diameter vergroot worden.

Het volume van de vloeistof in het vaatstelsel behoeft dus niet altijd dezelfde te zijn; een groter volume bloed kan in het vaatstelsel opgeslagen worden door de wand uit te rekken. (compliance/rekbaarheid: de mate van volumetoeneming bij een bepaalde drukstijging).

Drukverval in het vaatstelsel

De eigenschappen van arteriën, capillairen en venen zijn onderling sterk verschillend. Men kan het vaatstelsel opgebouwd zien uit 3 in serie geschakelde compartimenten: arterieel deel, weefselcompartiment en veneus deel. De weerstand die dit vaatstelsel biedt aan het stromende bloed noemt men de perifere weerstand. De druk en stromingsverhoudingen in deze drie compartimenten verschillen van elkaar.

Compartiment 1: arterieel stelsel

Her arteriële stelsel kan men voorstellen als een grote rekbare buis, het analogon van aorta en grote arteriën. Deze buis heeft aan haar ene einde het hart, dat bloed in de buis pompt, aan het andere einde bevindt zich een vernauwing, die in feite gevormd wordt door de gezamenlijke arteriolen; de weerstand die deze vernauwing biedt aan het uit de buis stromende bloed vormt de belangrijkste component van de perifere weerstand.

De arteriële bloedstroom: Gedurende een korte tijd wordt er pulsatief door het hart een hoeveelheid bloed (slagvolume= ca.80 ml) in het arteriële stelsel gepompt. Door de rekking van de vaatwand kan het inwendig volume zodanig vergroot worden dat het gehele slagvolume in het arterieel deel opgeslagen zou kunnen worden. In werkelijkheid zal dit niet gebeuren omdat dat tijdens de ejectionele fase alle arteriolen gesloten zouden moeten zijn. Er zal steeds een uitstroming van bloed zijn die veel gelijkmatiger is dan de instroom. Door de rekbaarheid van het arteriële stelsel wordt de discontinue instrooming omgezet in een continue uitstroming.

De instroming van bloed tijdens de ventrikelsystole veroorzaakt een rekking van het arteriële vaatstelsel waardoor de spanning in de wand van de arterie toeneemt. Hierdoor stijgt de druk in dit deel van het vaatstelsel. De hoogste druk die hierbij optreedt is de *systolische druk*. Tijdens de diastole van de ventrikel stroomt geleidelijk bloed af door de perifere vaten. Het volume van het arteriële stelsel wordt kleiner, daardoor neemt de rekking en daarmee de spanning van de wand af. De druk in het arteriële stelsel is het laagst vlak voor het moment dat er een nieuw volume bloed ingepompt wordt. Dit is de *diastolische druk*. In rust is de systolische druk 120 mm Hg en de diastolische druk 80 mm Hg. Het verschil in systolische druk en diastolische druk wordt *polsdruk* genoemd. De hoogte van de systolische en diastolische druk is afhankelijk van een aantal factoren. Voor de functie van het arteriële stelsel als distributieapparaat van bloed voor de verschillende lichaamsdelen is echter de *gemiddelde druk* belangrijker dan de maximum (systolische) en minimum (diastolische) waarde.

De hoeveelheid bloed die per tijdseenheid, bijv. per minuut het arteriële stelsel binnenkomt is het product van slagvolume en frequentie: het z.g. minuutvolume. De hoogte van de gemiddelde arteriële bloeddruk is afhankelijk van het minuutvolume en de perifere weerstand. De perifere weerstand kan gedefinieerd worden als de weerstand die het bloed ondervindt bij de stroming door het vaatstelsel; 75 % hiervan wordt geleverd door de arteriolen (50 %) en capillairen (25%). Capillairen zijn over het algemeen niet in serie, maar in parallel geschakelde elementen. De totale weerstand van parallel geschakelde elementen is altijd lager dan van een van de componenten.

Factoren die de bloeddruk bepalen: Factoren die de systolische en diastolische druk bepalen zijn:

a. Slagvolume: Naarmate het slagvolume stijgt wordt het verschil tussen diastolische en systolische druk groter.

b. Frequentie: Als de frequentie stijgt, neemt de diastolische druk toe omdat er minder tijd voor is voor het wegstromen van bloed uit de grote arteriën. Het effect op de systolische druk hangt af van de verandering die het slagvolume tegelijkertijd heeft ondergaan.

c. Snelheid van de ejectie (duur ejectiefase): Als de snelheid wordt vergroot zonder dat het slagvolume toeneemt, treedt een verscherping van de polsgolf op, waardoor de systolische druk stijgt en de diastolische druk daalt.

d. Perifere weerstand: Verhoging van de perifere weerstand verhoogt de diastolische en systolische druk in gelijke mate.

e. Rekbaarheid van het arteriële vaatstelsel: Als gevolg van het ouder worden neemt de rekbaarheid van het arterieel stelsel af. Eenzelfde volume vergroting geeft daardoor een sterkere drukstijging, de systolische druk wordt daardoor verhoogd. De snellere afstroming naar het capillaire stelsel die hiervan het gevolg is, zal kun-

nen voeren tot een verlaagde diastolische druk. In elk geval neemt de polsdruk sterk toe.

f. Vulling van het arteriële vaatstelsel: Verhoging van de vulling van het gehele vaatstelsel heeft vele gevolgen die op gecompliceerde wijze de bloeddruk beïnvloeden. In principe geeft verhoging van de vulling een toeneming van zowel diastolische als systolische druk in de arteriën. Een grotere vulling van het vaatstelsel zal echter doorgaans gepaard gaan met een groter slagvolume; de combinatie van beide maakt dat systolische en diastolische druk beide stijgen, maar de systolische druk meer dan de diastolische.

g. Viscositeit van het bloed: Verhoging van de viscositeit van het bloed veroorzaakt een hogere perifere weerstand.

Deze factoren zullen slechts zelden geïsoleerd optreden. Bloeddrukverandering is daarom het product van een aantal samenwerkende factoren.

Compartiment 2: Microcirculatie.

Onder microcirculatie verstaat men het gedeelte van de bloedsomloop dat niet met het ongewapende oog zichtbaar is. In dit gebied vindt de uitwisseling plaats van stoffen en warmte tussen bloed en weefselvocht.

De microcirculatie wordt gevormd door een sterk vertakkend netwerk van zeer dunne vaatjes (arteriolen, voorkeurskanalen, capillairen, venulen). De totale doorsnede van het vaatstelsel wordt naar de periferie steeds groter. Dit maakt dat de stroomsnelheid over korte afstand zeer sterk afneemt. In de capillairen is deze snelheid zeer klein, zodat voldoende tijd voor een redelijke mate van uitwisseling is. Tijdens de passage door de microcirculatie is er slechts een gering drukverval, omdat als gevolg van de vele parallelschakelingen de totale weerstand gering is.

Compartiment 3: Veneus deel.

Het veneuze stelsel is aanzienlijk groter van volume dan het arteriële stelsel, de venen bevatten onder normale omstandigheden ca. 75% van het totaal circulerend bloedvolume. De venen vormen het belangrijkste bloeddepot. Omdat ook de venen gladde spiervezels bevatten die α -adrenerg geïnnerveerd zijn, kan een vernauwing van de venen optreden: venoconstrictie. Dit heeft tot gevolg dat meer bloed beschikbaar komt voor het arteriële en capillaire deel van de circulatie.

Veneuze terugstroming: De stroming van het bloed in de venen is slechts gedeeltelijk het gevolg van de werking van het hart; daarnaast zijn verschillende extracardiale factoren onmisbaar om een terugstroom van bloed naar het hart, de veneuze terugstroom tot stand te brengen, die sterk genoeg is.

Regeling van de hartprestatie

(factoren die de twee determinanten van hartminuutvolume, hartfrequentie en slagvolume bepalen)

De belangrijkste maat voor de hartprestatie in vivo is het minuutvolume, de hoeveelheid bloed die tijdens een minuut door een ventrikel wordt uitgedrukt. Het slagvolume is de hoeveelheid bloed die per slag door een ventrikel wordt uitgedrukt. Het minuutvolume is dus het product van het gemiddelde slagvolume en de hartfrequentie, uitgedrukt in slagen per minuut.

De hartfrequentie wordt geregeld door intrinsieke mechanismen en extrinsieke mechanismen. Onder intrinsieke mechanismen worden mechanismen verstaan die niet onder invloed van hormonen of zenuwen plaatsvinden. Onder extrinsieke verandering verstaat men een verandering van de hartfrequentie die tot stand komt als gevolg van een gebeurtenis elders in het lichaam. De extrinsieke regulering geschiedt op twee verschillende wijzen:

a. Nerveus: Via de zenuwen die onderdeel uitmaken van het vegetatieve zenuwstelsel, gaan impulsen naar het hart die, afhankelijk van de herkomst van de vezels, de frequentie in negatieve dan wel in positieve zin kunnen beïnvloeden. Een negatieve invloed, d.w.z. een frequentieverlaging wordt tot stand gebracht door het parasympatische deel van het vegetatieve zenuwstelsel via de nn.vagi. Een positieve invloed, d.w.z. een frequentieverhoging komt tot stand door het orthosympatische deel van het autonome zenuwstelsel via de nn. accelerantes.

151

b. Door middel van in het bloed voorkomende stoffen kan de hartfrequentie worden beïnvloed: Dit betreft vooral hormonen, in het bijzonder adrenaline uit de bijniermerg.

De tweede variabele die de hartvolume bepaald is het slagvolume. Tijdens contractie ledigen de ventrikels zichzelf nooit volledig van bloed. Daarom kan een meer krachtige contractie een toename in slagvolume produceren.

Veranderingen in contractiekracht kunnen worden geproduceerd door een verscheidenheid aan factoren maar er zijn twee dominant onder de meeste fysiologische condities:

1. veranderingen in het einddiastolische volume, dat wil zeggen het volume van bloed in de ventrikels juist voor de contractie. (intrinsiek mechanisme) en

2. veranderingen in de grootte van sympatische zenuwstelsel input in de ventrikels (extrinsiek mechanisme).

Wat het eerste punt betreft: Door bijvoorbeeld vergrote veneuze toevoer stijgt de druk in de atria en ventrikels sneller tijdens de diastole; de einddiastolische druk in het hart is daardoor hoger. Hierdoor zal het hart aan het eind van de diastole meer gevuld zijn, dus meer gerekt. De spiervezels hebben een grotere voorspanning (eng.: preload) gekregen waardoor de lengte is toegenomen. Door de grotere vezel-

lengte is de contractiekracht vergroot en wordt dus meer uitgepompt (slagvolume). Wat het tweede punt betreft:

Ook door sympatische activiteit verhoogt de contractiliteit (gedefinieerd als de sterkte van contractie bij elk gegeven einddiastolisch volume). Verder verhoogt ook adrenaline de contractiliteit van het hart.

Korte termijn regulatie van de bloeddruk

In de medulla oblongata (formatio reticularis) bevinden zich de centra voor de regulatie van hart en vaten. Het orthosympatisch zenuwstelsel heeft een bloeddrukverhogende werking, de n.vagus (parasympatisch) heeft een bloeddrukverlagende werking. Vanuit de centra wordt de activiteit van de sympaticus en de parasympaticus bepaald. In rust zijn zowel de sympaticus als de parasympaticus actief: er heerst een zekere sympaticotonus en een vagotonus. In rust overheerst de invloed van de n. vagus op het hart, de vaten worden uitsluitend sympatisch geïnnerveerd. De centra ontvangen continu informatie over de hoogte van de bloeddruk uit de barosensoren. De barosensoren bevinden zich in de wand van de aorta en de a. carotis (sinus aorticus en sinus caroticus). Deze sensoren zijn gevoelig voor rek van de vaatwand en worden dus gestimuleerd bij verhoging van de bloeddruk. De actiepotentialen lopen via afferente vezels, de n. glossopharyngeus en de n. vagus. Deze hebben een remmende werking op de centra. Hierdoor neemt de vagotonus toe en de sympaticotonus af. De centra bepalen dus door verandering in de vagoen sympaticotonus de hoogte van de bloeddruk op geleide van de barosensoren. Bij een plotselinge bloeddrukverlaging (bijv. opstaan) neemt de remming op de centra af. Hierdoor neemt de vagotonus af en de sympaticotonus toe. De gevolgen voor het vaatsysteem kunnen van boven naar beneden worden afgelezen:

1. de hartfrequentie en contractiliteit nemen toe zodat het hartminuutvolume stijgt.
2. er ontstaat arteriolenconstrictie zodat de perifere weerstand toeneemt.
3. door venoconstrictie verplaatst het bloed zich naar de arteriën.
4. de bloeddepots verkleinen zodat het circulerend volume toeneemt.

Deze reflexen worden gedeeltelijk ondersteund doordat ook het bijniemerg wordt gestimuleerd tot adrenaline secretie. Door al deze factoren wordt de bloeddrukdaling ongedaan gemaakt. De werking via zenuwen (snel) maakt dit systeem bij uitstek geschikt om snelle bloeddrukveranderingen het hoofd te bieden. Het feedbacksysteem voor de bloeddrukregulatie is dus opgebouwd uit de volgende basiscomponenten:

1. barosensoren: vertaling van de bloeddruk in neurale activiteit.
2. afferente vezels: geleiding van de neurale activiteit naar de centra.
3. de centra: de heersende waarde wordt vergeleken met de gewenste waarde (instelwaarde).

4. de efferente vezels: geleiding van het correctiesignaal.

5. effectororgaan: uitvoering van de correctie door hart en vaten.

Via dit systeem wordt in rust een gemiddelde bloeddruk van ongeveer 100 mmHg gehandhaafd. Bij arbeid en emoties wordt de instelwaarde van het bloeddrukregulatiesysteem gewijzigd zodat gestreefd wordt naar een hoger bloeddruk-nivo. Deze invloed komt tot stand via hogere hersencentra: cortex cerebri, limbisch systeem en hypothalamus.

Daarnaast zijn er ook invloeden van chemosensoren: de perifere bevinden zich in de wand van de aorta en a. carotis, de centrale liggen aan de ventrale zijde van de medulla oblongata. Ze zijn gevoelig voor een stijging van de $p\text{CO}_2$ of een daling van de $p\text{O}_2$ of van de pH. Door deze veranderingen worden de centra gestimuleerd en stijgt de bloeddruk.

Anafylactische shock

Anafylactische shock is een allergische conditie waarin het hartminuutvolume en de arteriële bloeddruk sterk verminderen. Een anafylactische shock kan bijvoorbeeld ontstaan na een bijensteek. Anafylactische shock is het gevolg van een immunologische reactie (antigeen-antilichaam) waarbij basofielen in het bloed en de mestcellen in de pericapillaire weefsels histamine vrij maken. Histamine veroorzaakt:

153

1. Veneuze dilatatie en daardoor een vergroting van de vasculaire capaciteit.

2. Dilatatie van de arteriolen met als gevolg een sterk verlaagde arteriële bloeddruk.

3. Sterk verhoogde capillaire permeabiliteit met een snel verlies aan vocht en eiwitten naar de interstitiële ruimten.

4. Een toxische werking op de hartspier.

Het totaal effect van shock is een sterke reductie van de veneuze terugstroming waardoor hartminuutvolume en arteriële bloeddruk verlagen. Shock kan zo'n ernstige bloeddrukdaling tot gevolg hebben dat de dood erop volgt. Bij anafylactische shock staat infusetherapie voorop: in de initiële fase kunnen intraveneus adrenaline en antihistaminica worden toegediend.

Dankwoord

Dit proefschrift is voortgekomen uit mijn deelname aan het COMOFA-project. Dit onderzoeksproject onderzocht de cognitieve en motivationele aspecten van probleemgestuurd leren. In dit project participeerden verder Jan Beliën, Jos Moust, Maurice de Volder, Henk Schmidt en Bert Kerkhoffs. In dit project is mijn interesse in het probleemgestuurd leerproces en het onderzoek daarvan gewekt. Door de jaren heen is deze interesse toegenomen. Uiteindelijk heeft dit geresulteerd in een proefschrift. Mijn dank gaat dan ook allereerst uit naar de participanten van dit onderzoeksproject.

Het realiseren van een proefschrift is het resultaat van samenwerking tussen velen. Ik wil hier dan ook mijn dank betonen aan de personen waarmee ik heb samengewerkt.

Allereerst wil ik Henk Schmidt en Els Boshuizen, respectievelijk mijn promotor en co-promotor, bedanken voor hun begeleiding bij het tot stand komen van dit proefschrift. Hun adviezen en correcties waren zeer waardevol. Ik heb veel van hen geleerd.

De experimenten en andere onderzoeken in dit proefschrift zijn uitgevoerd in nauwe samenwerking met een aantal studentassistenten en studenten. Zonder degenen die niet genoemd zijn te kort te willen doen wil ik voor de plezierige en goede samenwerking vooral bedanken: Petra van der Berg, Klaas Boonstra, Leon Dingelstad, Hedy Folkersma, Bianca Grotenhuis, Iris Höppener, Helen Koch, Ronald Linden, Lidwien Maas, Yvonne te Riele, Anne-Fleur van Rootselaar en Dankert Woutersen.

Een stimulerende werkomgeving is een belangrijke voorwaarde voor het realiseren van een proefschrift. Ik wil dan ook mijn collega's van de vakgroep Onderwijsontwikkeling en Onderwijsresearch bedanken voor het creëren van zo'n goede werkomgeving. In het bijzonder geldt dit voor de collega's die werkzaam zijn voor de Faculteit Geneeskunde.

Tenslotte wil ik mijn gezin noemen. Er is niets stimulerender dan een heerlijk gezin. Ondanks de soms hectische toestanden was het een oase van rust, relativering en inspiratie. Dineke bedankt voor je geduld en omdat je het mij mogelijk maakte om aan het proefschrift te werken. Linda, Laura, Joris, Niels en Lars ik ben trots op jullie.

Willem de Grave
Juni 1998

Curriculum vitae

Willem Simon de Grave werd geboren op 19 augustus 1949 te Leeuwarden. Na het afsluiten van de ULO studeerde hij aan de Pedagogische Academie "Marienburg" te Leeuwarden, waar hij in 1971 zijn diploma volledig bevoegd onderwijzer behaalde. In 1972 startte hij met de studie Onderwijskunde aan de Rijksuniversiteit Groningen. Gedurende de doctoraalfase werkte hij enige tijd als studentassistent wetenschapsfilosofie ten behoeve van het studieprogramma Onderwijskunde. In 1979 behaalde hij het doctoraal diploma Onderwijskunde (cum laude). Daarna werkte hij als wetenschappelijk medewerker aan het Research Instituut voor het Onderwijs van het Noorden (RION) te Haren (Gr.). Vanaf 1981 is hij als universitair docent werkzaam bij de vakgroep Onderwijsontwikkeling en Onderwijsresearch van de Universiteit Maastricht. Tot 1983 was hij werkzaam voor de toen startende Faculteit der Gezondheidswetenschappen, daarna voor de Faculteit Geneeskunde. Zijn speciale aandachtsgebied is de professionalisering van docenten.