

Proefschrift Henk Pol

Computer based instructional support during physics problem solving: A case for Student Control

Bespreking door:

Angeliki Kolovou

Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education

Universiteit Utrecht

Op 27 november 2009 verkreeg Henk Pol zijn doctoraat aan de Universiteit van Groningen met het proefschrift 'Computer based instructional support during physics problem solving: A case for Student Control'. Het proefschrift bevat acht hoofdstukken, waarvan er vier zijn gepubliceerd in internationale wetenschappelijke tijdschriften.

Het onderzoek richtte zich op het ontwerpen en evalueren van een computerondersteunde omgeving die leerlingen in het voortgezet onderwijs (4-vwo) zou kunnen helpen bij het verbeteren van hun probleemoplossend vermogen voor natuurkunde. De twee onderzoeksvragen zijn:

1. Verbetert het gebruik van een computerprogramma door leerlingen in de schoolpraktijk tijdens en na het oplossen van de natuurkundeproblemen de ontwikkeling van strategische kennis van deze leerlingen?
2. Op welke manier zal een dergelijk computerprogramma de ontwikkeling van de strategische kennis van leerlingen verbeteren?

Aan het begin van zijn proefschrift formuleert Pol het volgende probleem: ondanks de belangrijke rol die probleemoplossen speelt in het natuurkundeonderwijs, laat de schoolpraktijk zien dat leerlingen niet de kans krijgen originele problemen zelfstandig op te lossen. In het eerste hoofdstuk begint Pol met de theoretische concepten die zijn onderzoek naar probleemoplossen leiden. Volgens Pol is probleemoplossen een cyclisch proces van een initiële situatie naar een doel, waarbij het proces is opgebouwd uit vijf episodes (de vijf episodes van Schoenfeld): oriëntatie, analyse, een plan maken, implementatie, verificatie. Pol benadert probleemoplossen vanuit een cognitief perspectief, waarbij drie typen kennis een belangrijke rol spelen: declaratieve, procedurele en strategische kennis. Strategische kennis omvat het toepassen van de eerste twee typen kennis, evenals het bewaken van en reflecteren op het eigen oplossingsproces. Alhoewel alledrie de typen kennis belangrijk zijn, is het ontbreken van strategische kennis meestal gerelateerd aan obstakels in probleemoplossingsprocessen. Gezien het belang van strategische kennis voor probleemoplossen, gaat Pol dieper in op zeven voorwaarden waardoor het verbeteren van strategische kennis kan plaatsvinden. Zo zouden bijvoorbeeld leerlingen een actieve rol moeten spelen, zou probleemoplossen domeinspecifiek moeten zijn, en didac-

tische ondersteuning indirect en 'just-in-time'. Aan al deze voorwaarden wordt bij computerondersteunde instructie voldaan, wat het een vruchtbare omgeving maakt voor het voortbrengen van strategische kennis. Pol concludeert dat een combinatie van door de leerling beheerde en vanuit het systeem beheerde instructie met just-in-time feedback (tijdens en direct na het probleemoplossen) het meest effectief zou moeten zijn voor het ontwikkelen van strategische kennis.

In hoofdstuk 2 beschrijft Pol de ontwikkeling van een computerprogramma om de strategische kennis van leerlingen te ontwikkelen volgens de zeven ontwerpeigenschappen die in hoofdstuk 1 zijn opgenoemd. Tijdens het probleemoplossen kunnen leerlingen de ondersteuning die ze nodig hebben kiezen via een menu met hints, en achteraf kunnen ze modelantwoorden bekijken. Om de effectiviteit van de leeromgeving te testen, heeft Pol een versie op papier gemaakt waarbij aan de leerlingen werd gevraagd een selectie complexe problemen op te lossen. Leerlingen konden gebruikmaken van op kaarten gedrukte hints. De uitkomst van deze pilotstudie was dat leerlingen over het algemeen in staat waren de hints te gebruiken om de problemen op te lossen.

Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de twee quasi-experimentele studies die waren opgezet om de onderzoeksvragen te beantwoorden. Het eerste experiment omvatte een experimentele groep en een controlegroep, terwijl het tweede experiment twee experimentele groepen en één controlegroep omvatte. Alle groepen volgden een lessenreeks over krachten, bestaande uit klassikale instructie, praktisch werk en het zelfstandig oplossen van problemen. De leerlingen in de experimentele groepen losten de problemen op met het computerprogramma *Physint*, terwijl de leerlingen in de controlegroep dezelfde opdrachten oplosten met behulp van een leerboek natuurkunde met daarbij uitwerkingen van de opgaven. *Physint* ondersteunde de leerlingen tijdens en na het oplossen van problemen door hulp te bieden volgens de episodische voor het probleemoplossen van Schoenfeld. De computeractiviteit van de leerlingen werd vastgelegd in logfiles, en de declaratieve, procedurele en strategische kennis van de leerlingen werd via voor- en natoetsen getest. De verwachting was dat in het algemeen de leerlingen die *Physint* gebruikten beter zouden presteren in de natoets dan de leerlingen in de controlegroep.

Hoofdstuk 4 en 5 gaan in detail in op het eerste experiment. De resultaten wijzen erop dat de strategische kennis van leerlingen, zoals gemeten in de natoets over probleemoplossen, groeit dankzij het gebruik van *Physint*. Verder wezen de data op een oefeneffect (naarmate leerlingen meer problemen goed oplosten met het programma ontwikkelden ze meer probleemoplossende vaardigheden) en op een effect van het systematisch toepassen van hints (een systematischer gebruik van hints leidt tot een groei in de strategische kennis). Echter, deze twee effecten waren niet onafhankelijk. Pol herkent dit probleem en suggereert een vergelijkend vervolgonderzoek om meer inzicht in de samenhang tussen deze effecten te verkrijgen.

Hoofdstuk 6 en 7 beschrijven de tweede experimentele studie. In deze studie werd een tweede experimentele groep geïntroduceerd om de effecten van het programma nog

specifieker te kunnen duiden. In de tweede experimentele groep werd ondersteuning pas gegeven door middel van modelantwoorden nadat de problemen waren opgelost. De resultaten wijzen er op dat, alhoewel het aantal opgeloste problemen en de tijd die besteed was aan het oplossingsproces gelijk waren voor de drie groepen, de groep die tijdens en na het oplossen van de problemen steun kreeg, meer vooruitgang boekte in hun prestaties op het gebied van probleemoplossen dan de groep die alleen maar achteraf, na het oplossen van de problemen, steun kreeg. Van de drie groepen had de controle-groep de minste vooruitgang. Een ander voordeel voor de groep leerlingen die tijdens zowel als na het probleemoplossen steun kregen, is dat ze een significant breder palet van heuristieken en algoritmen gebruikten. Ook werd een oefeneffect van het programma waargenomen. Bovendien had het systematische gebruik van hints tijdens het probleemoplossen (maar niet het systematische gebruik van de modelantwoorden) een significant effect op het probleemoplossend vermogen. Er was echter maar bij een deel van de leerlingen sprake van een toename in systematisch werken.

In hoofdstuk 8 vat Pol de bevindingen samen, bespreekt hij de beperkingen van de studie en de implicaties voor verder onderzoek. Verder gaat hij in op de implicaties voor de praktijk op school zoals het belang om leerlingen passende opgaven en ondersteuning te geven voor het ontwikkelen van hun strategische kennis; ook maakt hij een aantal praktische opmerkingen over het gebruik van computers op school.

Naar mijn mening is het een goed geschreven proefschrift dat belangrijke inzichten verschaft in hoe het probleemoplossend vermogen van leerlingen kan worden verbeterd. Verder is het proefschrift gerelateerd aan de welbekende interesse van de onderwijsgemeenschap in de implementatie van ICT in het onderwijs. Het belang van probleemoplossen als een onderwijsdoel en het gebruik van een computerprogramma dat een in tijd en ruimte flexibele onderwijsomgeving biedt, maken deze studie zeer interessant voor iedereen die betrokken is bij de onderwijspraktijk. In het bijzonder is een sterk punt van het interventieprogramma van Pol dat het door de eigen leraren wordt geïmplementeerd in de schoolomgeving. Ook maakt Pol gebruik van gevarieerde kwantitatieve methoden om de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Sommige aspecten van de onderzoeksmethodologie roepen echter vragen op. Zo namen er maar vijf klassen van vier verschillende scholen deel aan het onderzoek. Ook richt het onderzoek zich op een specifiek natuurkundig onderwerp en een specifiek type problemen. Pol onderkent deze beperkingen. Afgezien van de generaliseerbaarheid, roept de kleine omvang van de groepen vragen op over de toepasbaarheid van de gebruikte parametrische statistische tests. Vooral met kleine steekproefgroottes kunnen deze tests alleen worden toegepast als men er zeker van is dat een variabele normaal is verdeeld, maar het is niet mogelijk betrouwbare uitspraken te doen over de verdeling als de proefgrootte te klein is (Hill & Lewicki, 2007). Om deze redenen moet een deel van de resultaten voorzichtig benaderd worden en is het nodig de studie te herhalen met een grotere groep.

Voor wat betreft de tweede onderzoeksvraag over hoe het programma bijdraagt aan het verbeteren van het probleemoplossend vermogen, staat het ontbreken van meer gedetailleerde informatie over hoe leerlingen problemen oplossen met Physint een nader onderzoek van deze effecten in de weg. Dit probleem zou volgens Pol ondervangen kunnen worden door het gebruik van hardop-denkprotocollen. Verder is de strikte interpretatie van het systematisch gebruiken van hints (dat wil zeggen dat leerlingen ze sequentieel moeten raadplegen) in tegenspraak met de bewering in de introductie dat probleemoplossen geen lineaire reeks stappen is, maar dat zowel leerlingen als experts vaak sprongen voor- en achteruit maken in het probleemoplossingsproces. Desondanks zijn de resultaten in dit proefschrift zeer bemoedigend doordat ze laten zien dat het computerprogramma het potentieel heeft om bij te dragen aan de verbetering van de onderwijspraktijk.

Literatuur

- Pol, H.J. (2009). *Computer based instructional support during physics problem solving: A case for Student Control*. Proefschrift: Rijksuniversiteit Groningen.
- Hill, T. & Lewicki, P. (2007). *Statistics: Methods and Applications*. Tulsa, OK: StatSoft.