



COMPAQ

Bachelorscriptie

***“Strategiegebruik bij het leren met  
computersimulaties”***

Jolanda van de Kooij

Enschede, juni 2008  
Universiteit Twente



## Samenvatting

Uit dit onderzoek blijkt dat aanwezige voorkennis, onderzoeksvaardigheden en doelen die lerenden zich stellen in een onderzoekende leertaak met een computersimulatie, geen invloed hebben op het strategiegebruik. Feitelijk en gepercipieerd strategiegebruik blijken niet samen te hangen. Proefpersonen denken dus vaak wat anders gedaan te hebben, dan ze werkelijk deden. Het onderzoek is uitgevoerd met 28 bachelorstudenten van de Universiteit Twente. Voorkennis en onderzoeksvaardigheden zijn gemeten met twee vragenlijsten. Feitelijk strategiegebruik is bepaald aan de hand van de opgestelde hypothesen. Doelen en het gepercipieerd strategiegebruik zijn gemeten aan de hand van een kort mini-interview met de proefpersonen, dat na afloop plaatsvond.

# Introductie<sup>1</sup>

Onderzoekend leren is een manier van leren waarbij de lerende in de rol van onderzoeker wordt geplaatst. De lerende doorloopt dan verschillende (cognitieve) processen, om zo een set van fenomenen te onderzoeken. De hoofdtaak van een lerende bij onderzoekend leren is om de belangrijkste eigenschappen van het gegeven domein te onderzoeken. Dit vraagt om eigen initiatief van de lerenden en zorgt ervoor dat lerenden hun eigen ontdekkingen doen (De Jong & Van Joolingen, 1998).

Leeromgevingen waarbij gebruikt wordt gemaakt van computers worden vaak gebruikt om het onderzoekend leerproces mogelijk te maken. Met name computersimulaties worden vaak geassocieerd met onderzoekend leren (De Jong & Van Joolingen, 1998). Simulaties bieden namelijk belangrijke voordelen, zoals interactiviteit en de mogelijkheid om objecten en fenomenen op verschillende manieren in beeld te brengen (Riever & Parmley, 1995).

Onderzoekend leren kan onderverdeeld worden in transformatieve processen en regulatieve processen. Transformatieve processen zijn direct gericht op het genereren van nieuwe kennis over de taak of het domein. Njoo en De Jong (1993) onderscheiden vier transformatieve processen, welke ook wel worden aangeduid als de fasen van het onderzoekend leerproces. Het zijn: (1) oriëntatie, (2) genereren van hypothesen, (3) experimenteren, en (4) conclusies trekken. Binnen al deze processen wordt inhoudelijke geredeneerd over de computersimulatie en daarmee het domein dat bestudeerd wordt.

De regulatieve processen zijn bedoeld om het onderzoekend leerproces te 'sturen'. In de regel worden de volgende drie regulatieve processen onderscheiden: (1) planning, (2) monitoring, en (3) evaluatie (De Jong, 2006). In de planningsfase bedenken lerenden hoe het onderzoekend leerproces aangepakt zal worden; er worden doelen en subdoelen geformuleerd en strategieën gekozen om deze doelen te bereiken. Tijdens het leerproces houden lerenden hun eigen voortgang in de gaten (monitoring). Van tijd tot tijd wordt er teruggekeken op de activiteiten die zijn uitgevoerd en de kennis die hierdoor is ontwikkeld. Indien nodig worden doelen of strategieën bijgesteld. In de evaluatiefase komen activiteiten aan bod die de lerenden in staat stellen op het eigen leerproces te reflecteren. De resultaten worden dan in een bredere context geplaatst (Njoo & De Jong, 1993).

Er zijn verschillende factoren van invloed op de processen binnen het onderzoekend leren. Bovendien blijkt in de praktijk dat er vaak moeilijkheden kunnen ontstaan. Zo stellen De Jong en Van Joolingen (1998) dat de problemen die de lerende ondervindt tijdens het proces van onderzoekend leren, te classificeren zijn in vier soorten categorieën. Namelijk problemen betreft het genereren en bewerken van hypothesen, problemen met experimenteren, problemen met het interpreteren van data en problemen met het reguleren van het onderzoekend leren zelf.

Quintana et al. (2004) beschrijven ook enkele moeilijkheden die de lerenden tegen kunnen komen tijdens het onderzoekend leren. Zij maken hierbij onderscheid in drie processen: *sense making* (basisactiviteiten zoals het testen van hypothesen en het interpreteren van data), *process management* (de strategische beslissingen die het leerproces zelf sturen) en *articulation en reflection* (construeren, evalueren en het verwoorden van wat er geleerd is). De activiteiten binnen *sense making* zijn te vergelijken met de transformatieve processen die Njoo en De Jong (1993) beschrijven. *Process management* en *articulation en reflection* zijn te vergelijken met de regulatieve processen die Njoo en De Jong (1993) onderscheiden. Binnen *sense making* kan het probleem ontstaan dat er een verschil is in de manier waarop de lerenden intuïtief denken over een fenomeen en de formele manier waarop het fenomeen gepresenteerd wordt. Gebrek aan voorkennis over het te bestuderen domein is hier vaak de oorzaak van. Problemen die ontstaan binnen *process management* zijn dat de lerenden vaak geen of onvoldoende kennis hebben over hoe het onderzoekend leren zelf in elkaar zit. Ook missen de lerenden vaak de strategische kennis die nodig is om activiteiten binnen het onderzoekend leren te selecteren en te coördineren. Binnen deze twee problemen blijkt het gemis aan (voor)kennis dus ook een oorzaak te zijn.

---

<sup>1</sup> Eerste begeleider: A.W. Lazonder; Tweede begeleider: W.R. van Joolingen

Daarnaast worden de lerenden vaak te veel afgeleid van het onderzoek, doordat er ook managementtaken nodig zijn. Deze taken kosten vaak te veel tijd, omdat de lerenden meestal geen routine hebben in het uitvoeren van deze taken. Problemen die kunnen ontstaan binnen het proces van *articulation en reflection* zijn dat de lerenden vaak niet weten hoe ze op een productieve wijze op hun ideeën kunnen reflecteren. Bovendien stellen lerenden vaak als een van hun doelen: “het snel willen boeken van resultaten”. Dit kan dan ten koste gaan van het articulatie- en reflectieproces.

Gebrek aan voorkennis blijkt bij veel van de moeilijkheden die kunnen ontstaan dus een belangrijke oorzaak te zijn. In onderzoek van Klahr en Dunbar (1988), waarin een model voor onderzoekend leren is opgesteld (het SDDS model), wordt verder ingegaan op het aspect voorkennis binnen onderzoekend leren. Uitkomst van dit onderzoek is dat de strategie die iemand gebruikt (ofwel de werkwijze die door de lerende gevolgd wordt tijdens de onderzoekend leertaak) af blijkt te hangen van de mate van voorkennis die aanwezig is. De basisgedachte achter dit model is dat de lerende tijdens het onderzoekend leerproces steeds twee ruimtes doorzoekt: een hypothese ruimte en een experiment ruimte. Binnen het zoeken in deze twee ruimtes kunnen drie processen onderscheiden worden: (1) het opstellen van hypothesen (2) het testen van de hypothesen (ookwel het zoeken in de experiment ruimte), en (3) het evalueren van de resultaten.

Het opstellen van hypothesen gebeurt in de hypothese ruimte. In de test hypothese fase worden experimenten uitgevoerd die uitwijzen of de opgestelde hypothese klopt of niet. De uitkomst van de test hypothese fase is dus een bewijs voor of een weerlegging van de betreffende hypothese. In de fase waarin het bewijs wordt geëvalueerd, wordt gekeken of het bewijs voldoende en goed genoeg is om de hypothese te accepteren, te weerleggen, danwel aan te scherpen. Het zoeken in de hypothese ruimte gebeurt enerzijds op basis van voorkennis (met de voorkennis stelt een lerende dan hypothesen op) en anderzijds door het gebruiken van resultaten uit eerdere experimenten (hypothesen worden dan opgesteld op basis van conclusies die getrokken worden uit eerdere experimenten die in de leertaak zijn uitgevoerd). Het zoeken in de experiment ruimte kan gedaan worden op basis van, voor dat onderzoek, eerder opgestelde hypothesen. Tevens kan de experiment ruimte gebruikt worden om informatie te verzamelen voor het opstellen van nieuwe/andere hypothesen.

Voorkennis speelt hierbij een belangrijke rol. De aanwezigheid van voorkennis blijkt invloed te hebben op het zoeken in de hypothese ruimte en daarmee welke strategie er gevolgd wordt. Uit onderzoek van Klahr en Dunbar (1988) bleek namelijk dat zich twee groepen vormden die beide een andere strategie hanteerden tijdens het werken met een onderzoekend leertaak. Namelijk: een theoriegroep (“*the theorists*”) en een groep experimenteerders (“*the experimenters*”). De theoriegroep bestond uit mensen die hypothesen opstelden in de hypothese ruimte en deze controleerden door experimenten uit te voeren. Als een hypothese niet bleek te kloppen, stelden ze een nieuwe hypothese op, op basis van (voor)kennis en op basis van resultaten van de experimenten die ze hadden uitgevoerd om de eerdere hypothesen te testen. De *experimenters* begonnen ook met het generen van hypothesen in de hypothese ruimte. Echter als dit niet lukte of wanneer ze geen nieuwe hypothese meer konden opstellen op basis van voorkennis en uitkomsten van andere hypothesen en experimenten, dan schakelden ze over naar de experiment ruimte. Hierin gingen ze (zonder expliciete vooraf opgestelde hypothesen), allerlei exploratieve experimenten uitvoeren, om op die manier vervolgens weer tot hypothesen te komen.

Echter hoeft voorkennis niet de enige factor van invloed te zijn. Zo vond Hulshof (2001) dat proefpersonen met meer voorkennis niet zondermeer beter presteerden op een onderzoekend leertaak. De aanwezige onderzoeksvaardigheden bleken ook invloed te hebben op het onderzoekend leerproces. Dit betreft de (voor)kennis met betrekking tot het doen van onderzoek en wetenschappelijk redeneren. Uit onderzoek van Van Joolingen en De Jong (1997) en Dunbar (1993) blijkt dat de doelen die de lerenden zich stellen ook van invloed kunnen zijn op strategiegebruik tijdens onderzoekend leren. Een belangrijk verschil kan gemaakt worden tussen “het zoeken naar een hypothese doel” en “het zoeken naar een bewijs doel”. Bij “het zoeken naar een hypothese doel” wordt als doel gesteld een hypothese op te stellen waarvoor bewijs gevonden kan worden. Als resultaten uit experimenten de opgestelde hypothese niet bevestigen dan wordt er op basis van conclusies uit de experimenten een nieuwe hypothesen opgesteld, waarvoor opnieuw geprobeerd wordt bewijs te vinden. Bij “het zoeken naar een bewijs doel” wordt als

doel gesteld bewijzen te vinden voor de opgestelde hypothese. Als resultaten uit experimenten de opgestelde hypothese niet bevestigen, dan wordt er verder gezocht naar ander bewijs dat diezelfde hypothese wel kan bevestigen.

Onderzoek van Schauble, Klopfer en Raghavan (1991) gaat ook in op het doelgebruik. Zij hebben een verschil gevonden tussen lerenden die een “*engineering approach*” gebruiken (de variabelen zo kiezen dat het optimale wordt bereikt) of een “*scientific approach*” (de relaties tussen de variabelen zo goed mogelijk willen begrijpen). Deze twee benaderingen blijken duidelijk een verschillende invloed te hebben op bijvoorbeeld het ontwerpen van experimenten.

In dit onderzoek is onderzocht of naast de factor voorkennis, de andere genoemde factoren: aanwezige onderzoeksvaardigheden en doelen die lerenden zichzelf stellen, van invloed zijn op de strategie die gevolgd wordt. Daarnaast is onderzocht of lerenden zich bewust zijn van hun gevolgde strategie.

## Methode

### *Proefpersonen*

Het onderzoek is uitgevoerd met bachelorstudenten van de faculteit Gedragwetenschappen aan de Universiteit Twente. In totaal hebben 28 studenten meegedaan aan het onderzoek (10 mannen en 18 vrouwen), waarvan 20 studenten Psychologie en 8 studenten Toegepaste Communicatiewetenschappen. Twaalf studenten hadden de Nederlandse nationaliteit, 14 de Duitse, 1 student de Surinaamse en 1 student de Braziliaanse nationaliteit. De leeftijd van deze studenten lag tussen de 18 en 24 jaar, met één uitschieter van 40 jaar. De studenten zijn benaderd via de proefpersonenpool en konden door deelname aan het onderzoek 2 credits verdienen.

### *Instrumenten*

De simulatietaak waarmee de proefpersonen gewerkt hebben is een onderzoekend leertaak. Deze computersimulatie simuleerde een model dat de proefpersoon, door variabelen te veranderen, heeft geprobeerd te ontdekken. Het ging om een simulatietaak waarin verschillende variabelen, namelijk: trainingsfrequentie (1 of 3 keer per week), soort training (duurloop of interval), voeding (koolhydraatrijk, gewoon eten of junkfood), spiervezeltype (type 1 of type 2) en BMI (20, 25, 30), de tijd op een hardloopprestatie van 10 kilometer beïnvloeden. Naast de hoofdeffecten per factor, bestond er een interactie tussen de trainingsfrequentie en de BMI. De proefpersonen konden de waarden van de variabelen naar eigen wens veranderen en daarmee onderzoeken wat het effect ervan was op de tijd die de hardloper erover doet om 10 km hard te lopen. Het bereik van de simulatie liep van een minimum van 37 minuten tot een maximum van 63 minuten. Alle handelingen die een proefpersoon tijdens het werken met de simulatie uitgevoerd heeft, zijn bijgehouden in logfiles.

Voorkennis met betrekking tot het domein waarin de simulatie plaatsvond, is gemeten met een voorkennistoets, bestaande uit 14 multiple choice items. Voor de variabelen trainingsfrequentie, soort training en spiervezeltype waren 2 vragen opgenomen; voor de variabelen voeding en BMI waren dat 4 vragen per variabele. De test mat daarmee de voorkennis van de proefpersonen met betrekking tot een hardloopprestatie van 10 kilometer en de invloed van de genoemde variabelen hierop. Het model dat aan de simulatie ten grondslag ligt, is gebruikt om de toetsvragen op te stellen. Met 6 willekeurige studenten is de voorkennistoets van te voren getest. Uit deze pilot test bleek dat er een voldoende spreiding in scores was. De zes studenten hadden respectievelijk 12, 9, 9, 5, 11 en 6 antwoorden goed. De voorkennistoets is voorafgaand aan de taak met de simulatie afgenomen. Na de verwijdering van 1 item bedroeg de interne consistentie (Cronbach's Alpha) 0.57. Volgens de normen van Berkel en Bax (2002) staat dit voor een

slechte tot middelmatige betrouwbaarheid. Ondanks dat de voorkennistoets niet zo betrouwbaar is gebleken, is deze factor toch meegenomen in verdere analyses.

Voorafgaand aan de taak zijn naast de voorkennistoets ook aanwezige onderzoeksvaardigheden gemeten. Dit is gebeurd aan de hand van een *inquiry skills test* die op basis van de TIPS II vragenlijst is ontwikkeld door Horstink (2005) en gevalideerd door Edle von Ruedorffer, Streese, Kamps, en Schmitt (2007). Deze test bestond uit 36 multiple choice items, welke waren onderverdeeld in de subschalen “variabelen definiëren” (12 items), “hypotheses opstellen” (9 items), “operationeel definiëren” (6 items) “experimenten ontwerpen” (3 items) en “conclusies trekken” (6 items). Uit bovengenoemd onderzoek bleek dat de betrouwbaarheid en validiteit van de vragenlijst als geheel voldoende is. Omdat de betrouwbaarheid van sommige subschalen te laag was, is in dit onderzoek gebruik gemaakt van de totaalscore, wat gezien het doel van het onderzoek te rechtvaardigen is. De Cronbach’s Alpha van de onderzoeksvaardigheidentest in het huidige onderzoek was 0.77. Dit staat voor een middelmatige tot voldoende betrouwbaarheid (Berkel & Bax, 2002).

Tijdens het uitvoeren van de taak met de simulatie is gebruikt gemaakt van een antwoordblad, dat de proefpersonen tijdens en/of na afloop van de simulatie in hebben ingevuld. Aan de hand van het ingevulde antwoordblad is gekeken of de proefpersonen de relaties tussen de onafhankelijke en afhankelijke variabelen in de simulatie hebben weten te achterhalen. De antwoordbladen zijn gecodeerd aan de hand van codeerregels. Er konden maximaal 15 punten gescoord worden. Proefpersonen die aangaven dat een variabele een effect heeft, kregen 1 punt. Proefpersonen die ook de richting van dit effect beschreven kregen 2 punten. Proefpersonen die ook de omvang van het effect beschreven, kregen 3 punten. Er is een interbeoordelaarsovereenstemming berekend over de codering van de leerprestaties. Eén beoordelaar heeft alle leerprestaties (ingevulde antwoordbladen) beoordeeld. Een tweede beoordelaar heeft een willekeurige steekproef genomen van 14 proefpersonen en deze ook beoordeeld. De Cohen’s Kappa was 0.82. Volgens de interpretatienormen die Landis en Koch (1977) hebben opgesteld, staat dit voor een bijna perfecte overeenstemming.

Om te achterhalen hoeveel en welke type hypothesen een proefpersoon op heeft gesteld, zijn voorafgaand aan elke experiment dat een proefpersoon met de simulatie uitvoerde, twee vragen gesteld aan de proefpersoon. Namelijk de vraag wat de proefpersoon met het experiment ging onderzoeken en wat hij/zij verwachtte dat er uit zou komen. Hierdoor is er inzicht ontstaan in de hoeveelheid hypothesen dat opgesteld is en de inhoud van de hypothesen. Om de domeinspecificiteit van de hypothesen die de proefpersonen hebben opgesteld te bepalen zijn alle hypothesen gecodeerd aan de hand van codeerregels. Wanneer uit een hypothese bleek dat er geen verwachting of idee is (gok naar aantal etc); dan is het als type 0 hypothese gecodeerd. Wanneer uit een hypothese bleek dat er sprake is van een effect; dan is type 1 toegewezen. Wanneer in een hypothese sprake was van een richting (en effect); dan is type 2 toegewezen. Wanneer er sprake was van een omvang (en effect en richting); dan is type 3 toegewezen. Er is een interbeoordelaarsovereenstemming berekend over de codering van de hypothesen. Eén beoordelaar heeft alle hypothesen beoordeeld. Een tweede beoordelaar heeft een willekeurige steekproef genomen van 14 proefpersonen en alle hypothesen van deze 14 proefpersonen beoordeeld. De Cohen’s Kappa was 0.87. Volgens de normen van Landis en Koch (1977) staat dit voor een bijna perfecte overeenstemming.

Direct na afloop van het werken met de simulatietaak heeft er een kort mini-interview met de proefpersoon plaatsgevonden. In dit mini-interview is gevraagd of de proefpersonen uit een aantal vooraf gemaakte kaartjes (met beschrijvingen van doelen en strategieën daarop) het kaartje kon kiezen dat het doel en de strategie die hij/zij nastreefde tijdens de taak het beste beschreef. De beschrijvingen van de doelen die op de kaartjes stonden zijn te vinden in Tabel 1. De naam van het doel (eerste kolom) stond niet op de kaartjes. De beschrijvingen van de strategieën die op de kaartjes stonden zijn te vinden in Tabel 2. De naam van de strategie (eerste kolom) stond niet op de kaartjes. Het woord dat achter de “D:” tussen haakjes staat is een vertaling van een woord (dat hier direct aan vooraf gaat) voor de Duitse studenten. Bij zowel doelen als strategiegebruik is tevens gevraagd of de proefpersonen het doel en de strategie voorafgaand aan de taak hadden bepaald of tijdens de taak.

Tabel 1.

## Overzicht van beschrijvingen van de doelen op de kaartjes

Doel	Letterlijke beschrijving zoals die op de kaartjes stond
1. Het zoeken naar een hypothese doel	Ik heb geprobeerd zoveel mogelijk bewijzen te vinden voor mijn initiële (D: oorspronkelijke) hypothesen over de invloed van de 5 variabelen op de tijd om 10 kilometer te hardlopen. Als ik resultaten vond die mijn hypothese niet bevestigden, leidde ik daaruit nieuwe hypothesen af die de invloed van de variabelen beter zouden verklaren. En die hypothesen ben ik dan gaan testen, net zolang totdat ik de invloed van alle variabelen had gevonden.
2. Het zoeken naar een bewijs doel	Ik heb geprobeerd zoveel mogelijk bewijzen te vinden voor mijn initiële (D: oorspronkelijke) hypothesen over de invloed van de 5 variabelen op de tijd om 10 kilometer te hardlopen. Als ik resultaten vond die mijn hypothese niet bevestigden, zocht ik gewoon verder naar ander bewijs dat mijn verwachtingen wél zou ondersteunen.
3. Engineering approach	Ik heb geprobeerd de variabelen zo te kiezen dat de hardloper een zo snel mogelijke tijd rent. Vanuit dit gegeven kon ik dan verder redeneren over de invloed van de variabelen op de tijd.
4. Scientific approach	Ik heb geprobeerd de relaties tussen de variabelen zo goed mogelijk te begrijpen. Wat ik hiervoor moest doen maakte me niet zoveel uit, als ik de correcte relaties tussen de variabelen maar wist te achterhalen.
5. Zo systematisch mogelijk experimenteren.	Ik heb geprobeerd zo systematisch en goed mogelijk te experimenteren. Dus per variabele alle waarden 1 voor 1 veranderen, en dan kijken wat voor verschil dat uitmaakt. Door dit voor alle variabelen te doen, kon ik alle relaties ontdekken.
6. Restcategorie	Wat ik heb geprobeerd te doen, staat niet op de vorige 5 kaartjes.

Tabel 2.

## Overzicht van beschrijvingen van de strategieën op de kaartjes

Strategie	Letterlijke beschrijving zoals die op de kaartjes stond
1. Theorists approach met (veel) voorkennis	Ik ben begonnen met het testen van de kennis en ideeën die ik over hardlopen had. Hierdoor ontwikkelde ik nieuwe ideeën, en die ben ik vervolgens gaan testen met de simulatie. En zo ging dat de hele tijd door.
2. Theorists approach met weinig voorkennis	Omdat ik niet veel over hardlopen weet, ben ik eerst gewoon wat gaan experimenteren met de simulatie, zonder duidelijke verwachtingen of ideeën vooraf. Hierdoor ontwikkelde ik nieuwe ideeën, en die ben ik vervolgens gaan testen met de simulatie. En dat laatste ben ik tot het einde toe blijven doen.
3. Experimenters approach	Ik ben begonnen met het testen van de kennis en ideeën die ik over hardlopen had. Maar toen ik daar mee klaar was, had ik nog niet alle variabelen ontdekt, dus ben ik daarna wat gaan experimenteren met de simulatie zonder duidelijke verwachtingen of ideeën. Hierdoor ontdekte ik weer nieuwe ideeën, en die ben ik vervolgens gaan testen met de simulatie.
4. Other approach	Ik heb niet echt op één bepaalde manier gewerkt. Het ene moment heb ik mijn verwachtingen over de variabelen getest met de simulatie, het andere moment heb ik wat geëxperimenteerd met de simulatie zonder duidelijke verwachtingen of ideeën over de uitkomsten. En dat wisselde elkaar steeds af.
5. Restcategorie	De manier waarop ik te werk ben gegaan staat niet op de vorige 4 kaartjes.



## Procedure

De proefpersonen hebben één voor één aan het onderzoek deelgenomen en hebben allemaal dezelfde procedure gevolgd. De sessies met de proefpersonen hebben op de Universiteit Twente plaatsgevonden; de duur van één sessie was ongeveer 1 tot 2 uur.

De proefpersoon werd na binnenkomst eerst kort verteld wat er ging gebeuren tijdens het experiment. Vervolgens ging de proefpersoon aan de slag met de voorkennistoets en de *inquiry skills test*. De volgorde van deze testen is afgewisseld om zo gevolgen van eventuele invloed van de toetsen op elkaar te minimaliseren. De proefpersonen met oneven proefpersoonnummer kregen eerst de voorkennistoets en daarna de onderzoeksvaardigheden test. De proefpersonen met een even proefpersoonnummer kregen deze testen in omgekeerde volgorde. Er was geen tijdslimiet verbonden aan de twee testen. In de *inquiry skills test* is in de inleiding gevraagd naar de studierichting en studiejaar. Andere gegevens van de proefpersonen (geslacht, leeftijd, nationaliteit) waren bekend uit het proefpersonenpoolsysteem.

Na het maken van de twee testen heeft de proefpersoon aan de hand van een voorbeeldsimulatie een uitleg gekregen over de werking van het simulatieprogramma. Hierna is de proefpersoon aan de slag gegaan met de simulatietaak over de hardloper. De proefpersonen hebben de taak zelfstandig uitgevoerd. Alleen bij niet-inhoudelijke vragen of onduidelijkheden kon de proefleider geraadpleegd worden. De maximale tijd voor het werken met de simulatie was 30 minuten. Daarna kreeg de proefpersoon indien nodig, nog vijf minuten de tijd om het antwoordblad verder in te vullen. Proefpersonen die eerder klaar waren, mochten eerder stoppen.

Voorafgaand aan elk experiment dat de proefpersoon deed, is door de proefleider aan de proefpersoon gevraagd wat hij/zij met dat experiment wilde onderzoeken en wat hij/zij verwachtte dat er uitkwam. De antwoorden van de proefpersoon zijn door de proefleider genoteerd. Nadat de proefpersoon het antwoordblad had ingevuld, vond er een kort mini-interview plaats. De proefpersoon kreeg eerst de zes kaartjes te zien met daarop de beschrijvingen van mogelijke doelen die een proefpersoon zich gesteld kon hebben. De proefpersoon kreeg de tijd deze allemaal door te lezen en werd vervolgens gevraagd het kaartje te kiezen dat zijn/haar doel het beste beschreef. Hetzelfde werd gedaan voor de kaartjes met strategieën. Indien een proefpersoon koos voor kaartje 6 bij doelen of kaartje 5 bij strategieën, is gevraagd wat het doel / de gevolgde strategie dan wel is geweest. Daarnaast is de proefpersonen gevraagd of ze hun doel en werkwijze voorafgaand aan het werken met de simulatietaak al hadden bepaald of dat deze tijdens het werken met de taak is ontstaan. Als het doel en/of de werkwijze van tevoren bepaald waren, dan is ook gevraagd waarom voor dit doel en deze werkwijze gekozen is.

Het onderzoek werd afgesloten met een korte toelichting van de proefleider over het doel van het onderzoek.

## Data analyse

De data analyse heeft zich gericht op verschillen in strategiegebruik tussen proefpersonen. Hiertoe werden proefpersonen eerst geclassificeerd op basis van de door hen gehanteerde strategie, welke werd bepaald aan de hand van de door hen geformuleerde hypothesen. Het soort strategie diende vervolgens als onafhankelijke variabele in de analyses waarin door middel van one-way ANOVA is gekeken naar verschillen in voorkennis en onderzoeksvaardigheden van de proefpersonen. Hierbij is een significantieniveau van 0.05 gehanteerd. Op eenzelfde manier is gekeken naar het effect van strategiegebruik op leeruitkomsten. Aan de hand van kruistabellen (met chi square test) is bepaald of doelen en strategie samenhangen en of het feitelijk strategiegebruik samenhangt met het gepercipieerd strategiegebruik. Tot slot zijn correlaties berekend tussen de hoogte van de leerprestaties, de aanwezige voorkennis en onderzoeksvaardigheden.

## Resultaten

### Strategiegebruik

Het gemiddeld aantal hypothesen per proefpersoon was 12.89 (SD = 4.86), met een minimum van 7 en een maximum van 24 hypothesen. De domeinspecificiteit van deze hypothesen was gemiddeld 1.76 (SD = 0.37).

Voor het bepalen van het strategiegebruik van de proefpersonen, is gekeken naar het type hypothesen dat opgesteld is. De regels in Tabel 3 zijn gebruikt bij het bepalen van het strategiegebruik.

Tabel 3.

#### Regels voor het bepalen van het strategiegebruik

1. Een 'theorist met (veel) voorkennis' manifesteert zich door: van begin tot eind vooral type 2 hypothesen.
2. Een 'theorist met weinig voorkennis' manifesteert zich door: een lage specificiteit in het begin (type 0 en 1), en dan een specificiteit rond de 2.
3. Een 'experimenter' manifesteert zich door: vooral type 2 aan het begin, vervolgens in het midden minstens twee nullen op rij en weer afsluitend met vooral type 2. Afsluitend met minstens twee nullen op rij valt hier ook onder.
4. Iemand die niet voldoet aan bovengenoemde beschrijvingen 1 t/m 3, maar wel enigszins een ander patroon en regelmaat in het type hypothesen vertoont (vooral afwisselend type 0 en 2) valt onder "other approach".
5. Restcategorie is voor diegene die niet voldoet aan bovengenoemde beschrijvingen 1 t/m 3, maar daarnaast ook geen enkel ander patroon of regelmaat in het type hypothesen vertoont.

Na het toepassen van bovenstaande regels op alle 28 proefpersonen blijkt dat er 20 theorist zijn met (veel) voorkennis, 3 theorist met weinig voorkennis, 3 experimenters en 2 proefpersonen die een "other approach" hanteerden.

Ter controle van de regels in tabel 3, is nagegaan of de gemiddelde domeinspecificiteit per strategie inderdaad significant verschilt. In Tabel 4 is de gemiddelde domeinspecificiteit van de hypothesen en de standaarddeviatie per strategie te zien.

Tabel 4.

#### Gemiddelden (en standaarddeviaties) voor de domeinspecificiteit van de hypothesen per strategie

Strategie	M	SD
Theorist met (veel) voorkennis ( $n = 20$ )	1.90	.29
Theorists met weinig voorkennis ( $n = 3$ )	1.58	.24
Experimenters ( $n = 3$ )	1.42	.09
Other approach ( $n = 2$ )	1.04	.06

Uit de one-way ANOVA blijkt inderdaad dat de groepsgemiddeldes met betrekking tot de domeinspecificiteit van de hypothesen significant van elkaar verschillen,  $F(1,27) = 8.64$ ,  $p < .01$ . Er is vervolgens een Post Hoc analyse uitgevoerd om te kijken welke groepen significant van elkaar verschillen. Uit de LSD toets blijkt dat de groepsgemiddelden van de theorists met (veel) voorkennis en de experimenters significant van elkaar verschillen ( $p < .01$ ). Ook de groepsgemiddelden van de theorists met (veel) voorkennis verschillen significant van de "other approach",  $p < .01$  en de groepsgemiddelden van de theorists met weinig voorkennis verschillen significant van "other approach",  $p < .05$ .

## Factoren van invloed op strategiegebruik

Er is onderzocht of aanwezige voorkennis en aanwezige onderzoeksvaardigheden invloed hebben op de strategiekeuze. Bovendien is nagegaan of de keuze voor een bepaalde strategie invloed heeft op de hoogte van de leerprestaties. In Tabel 5 zijn de gemiddelden scores en de standaarddeviaties van de voorkennistoets, inquiry skills test en de leerprestaties te zien.

Tabel 5  
Gemiddelden (en standaarddeviaties) voor de voorkennistoets, inquiry skills test en leerprestaties

	M	SD
Voorkennistoets	9.18	1.81
Inquiry skills test	30.68	3.95
Leerprestaties	8.32	2.26

Om te bepalen of voorkennis en onderzoeksvaardigheden van invloed zijn op het strategiegebruik zijn one-way ANOVAs uitgevoerd. Omdat de strategie ‘other approach’ (gebruikt door 2 proefpersonen) als soort van restcategorie beschouwd kan worden, is deze niet meegenomen in deze analyses. In Tabel 6 zijn de gemiddeldes (met daarbij de standaarddeviaties) te zien voor de drie strategiegroepen.

Tabel 6  
Gemiddelden (en standaarddeviaties) voor de voorkennistoets, inquiry skills test en leerprestaties per strategie

	Strategie		
	Theorist met veel voorkennis ( $n = 20$ )	Theorist met weinig voorkennis ( $n = 3$ )	Experimenter ( $n = 3$ )
Voorkennistoets	9.25 (1.86)	8.33 (2.52)	9.33 (1.15)
Inquiry skills test	30.80 (4.32)	32.33 (2,52)	29.00 (2,00)
Leerprestaties	8.65 (2.11)	8.33 (2,31)	8.33 (2,31)

Uit de one-way ANOVA blijkt dat de groepsgemiddeldes met betrekking tot voorkennis niet significant van elkaar verschillen,  $F(1,25) = .326$ ,  $p = .73$ . Het blijkt ook dat de groepsgemiddelden met betrekking tot onderzoeksvaardigheden niet significant van elkaar verschillen,  $F(1,25) = .51$ ,  $p = .61$ .

Op eenzelfde manier is nagegaan of proefpersonen die een verschillende strategie hanteren ook verschillen wat betreft leerprestaties. Uit de one-way ANOVA blijkt dat dit niet het geval is,  $F(1,25) = .05$ ,  $p = .95$ .

Daarnaast is met een correlatieanalyse nagegaan of er een verband is tussen enerzijds de score op de voorkennistoets en leerprestaties en anderzijds de score op de inquiry skills test en leerprestaties. Er blijken wat dat betreft geen verbanden te zijn. Tevens is onderzocht of er een verband bestaat tussen de voorkennistoetscore en de inquiry skills test score. Er blijkt wel een significant verband te zijn tussen deze twee ( $r = .48$ ,  $p = .013$ ).

Er is ook onderzocht of doelkeuze en strategiekeuze afhankelijk van elkaar zijn. In Tabel 7 is een kruistabel te zien van doelen en strategiegebruik. Omdat het in deze analyse expliciet gaat over de strategiegroepen in relatie tot doelkeuze, zijn alle 28 proefpersonen (dus ook de twee proefpersonen met “other approach”) meegenomen in de analyse. Uit deze tabel blijkt dat verreweg de meeste proefpersonen zichzelf als doel hadden gesteld om zo systematisch mogelijk te experimenteren. De keuze voor een bepaalde strategie bleek niet afhankelijk van het doel dat de proefpersonen zichzelf gesteld hadden,  $\chi^2(12, N = 28) = 16,93$ ,  $p = .15$ .

Tabel 7  
Kruistabel doelen en strategiegebruik

Strategie	Doel					Totaal
	Het zoeken naar een hypothese doel	Het zoeken naar een bewijs doel	Engineering approach	Scientific approach	Zo systematisch mogelijk experimenteren	
Theorist veel voorkennis	1	1	5	0	13	20
Theorist weinig voorkennis	0	0	0	0	3	3
Experimenter	0	0	1	1	1	3
Other approach	0	1	0	0	1	2
Totaal	1	2	6	1	18	28

Eenentwintig proefpersonen blijken hun doel voorafgaand aan de taak bepaald te hebben. Zeven proefpersonen hadden hun doel pas tijdens de taak vastgesteld. De meeste proefpersonen die hun doel van te voren bepaald hadden gaven aan dat ze het doel kozen omdat het de voor hen makkelijkste en meest overzichtelijke manier was om de relaties tussen de variabelen in de simulatie te ontdekken.

### *Feitelijk en gepercipieerd strategiegebruik*

Er is onderzocht of het feitelijk strategiegebruik samenhangt met het gepercipieerd strategiegebruik. Vier proefpersonen kozen als gepercipieerde strategie voor kaartje 5 (restcategorie). Bij deze proefpersonen is nagegaan of hun beschrijving van de strategie neerkomt op een van de andere vier strategieën (kaartjes 1 t/m 4). Echter dit bleek niet het geval en dus zijn ze behouden gebleven als “restcategorie”. In Tabel 8 is een kruistabel te zien van feitelijk en gepercipieerd strategiegebruik. Uit deze tabel blijkt dat de proefpersonen vaak een andere perceptie van hun strategie hadden. Het blijkt dat gepercipieerd en feitelijk strategiegebruik niet samenhangen,  $\chi^2 (12, N = 28) = 8.302, p = .761$ .

Tabel 8  
Kruistabel feitelijke en gepercipieerd strategiegebruik

Feitelijke strategie	Gepercipieerde strategie					Totaal
	Theorist veel voorkennis	Theorist weinig voorkennis	Experimenter	Other approach	Rest categorie	
Theorist veel voorkennis	5	5	6	1	3	20
Theorist weinig voorkennis	1	1	1	0	0	3
Experimenter	0	1	1	1	0	3
Other approach	0	0	1	0	1	2
Totaal	6	7	9	2	4	28

Wat betreft keuze voor een strategie gaven ook verreweg de meeste proefpersonen aan, namelijk 19, dat ze hun strategie voorafgaand aan de taak vastgesteld hadden. Negen proefpersonen hadden hun strategie pas tijdens de taak vastgesteld. Van de 19 proefpersonen, die hun strategie voorafgaand hadden bepaald, blijkt bij 8 proefpersonen dat de door hen gepercipieerde strategie overeenkomt met de feitelijke strategie. Van de 9 proefpersonen die hun strategie pas tijdens de taak hadden vastgesteld, blijkt bij 1 proefpersoon de gepercipieerde strategie overeen te komen met de feitelijke strategie.

Net als bij de doelen geldt dat de meeste proefpersonen die hun strategie van te voren bepaald hadden, aangaven dat ze deze strategie kozen omdat het de voor hen makkelijkste en meest overzichtelijke manier leek om de relaties tussen de variabelen in de simulatie te ontdekken.

## Discussie

In dit onderzoek is onderzocht of aanwezige voorkennis, onderzoeksvaardigheden en doelen die lerenden zichzelf stellen, van invloed zijn op de strategie die gevolgd wordt. Daarnaast is onderzocht of lerenden zich bewust zijn van hun gevolgde strategie. Bovendien is gekeken of leeruitkomsten, voorkennis en onderzoeksvaardigheden met elkaar samenhangen. Uit dit onderzoek blijkt dat voorkennis, onderzoeksvaardigheden en doelen die lerenden zich stellen geen invloed hebben op het strategiegebruik. De groepsgemiddelden per strategie met betrekking tot de domeinspecificiteit van de hypothesen verschilden wel significant van elkaar. Uit de resultaten is ook op te maken dat feitelijk en gepercipieerd strategiegebruik niet samenhangen. Proefpersonen denken dus vaak wat anders gedaan te hebben, dan ze werkelijk deden. Tot slot blijkt er wel een significant verband te zijn tussen onderzoeksvaardigheden en voorkennis.

Deze uitkomsten zijn niet helemaal in lijn van de verwachtingen. Eerder onderzoek (Klahr & Dunbar, 1988; Hulshof, 2001; Van Joolingen & de Jong, 1997) wees namelijk in de richting dat voorkennis, onderzoeksvaardigheden en doelen wel invloed hebben op het strategiegebruik. Het is dus opmerkelijk dat er in dit onderzoek wat dat betreft geen significante verbanden gevonden zijn. Een mogelijke verklaring is dat er in dit onderzoek erg weinig “theoristen met weinig voorkennis” en “experimenters” bleken te zijn. Door het geringe aantal proefpersonen in deze twee strategiegroepen is het lastig de invloed van bepaalde factoren op het strategiegebruik te bepalen. Een verklaring voor het lage aantal “theoristen met weinig voorkennis” en “experimenters” is wellicht dat alle proefpersonen een wetenschappelijk opleiding volgen en daardoor waarschijnlijk relatief meer onderzoeksvaardigheden hebben en meer vanuit de voorkennis experimenten opzetten. Een ander verklaring voor de weinig significante verbanden kan de voorkennistoets zijn die niet zo betrouwbaar is gebleken. Bovendien is het met een redelijke tot slecht betrouwbare voorkennistoets niet goed mogelijk veel waarde te hechten aan de resultaten van de analyses waarin de voorkennistoetscores betrokken zijn.

Wat betreft feitelijk en gepercipieerd strategiegebruik is het een interessant resultaat dat de perceptie die proefpersonen van hun strategie hadden meestal niet overeenkwam met de werkelijk gevolgde strategie. Een reden hiervoor kan zijn dat de proefpersonen de strategieën op de kaartjes anders geïnterpreteerd hadden of het moeilijk vonden terug te kijken op hun werkwijze en hieruit een beschrijving van een strategie te maken. Maar aangezien de meeste proefpersonen hun strategie voorafgaand aan de taak bepaald hadden, lijkt het waarschijnlijker om op basis van dit resultaat te concluderen, dat proefpersonen meestal werkelijk niet goed weten wat ze precies hebben gedaan.

Wat betreft doelkeuze is het opvallend dat verreweg de meeste proefpersonen gekozen hebben voor het doel “zo systematisch mogelijk experimenteren”. Mogelijk is de wetenschappelijke opleiding die alle proefpersonen volgden, hier ook een oorzaak van. Veel proefpersonen gaven aan dat ze dit doel kozen, omdat ze vonden dat dit voor hen de beste en makkelijkste manier was om alle mogelijkheden van de simulatie te onderzoeken. Daarnaast is een mogelijke verklaring dat de simulatie wellicht (onbewust) aanzette tot deze manier van werken. De variabelen werden heel overzichtelijk onder elkaar gepresenteerd en de proefpersonen konden snel een goed inzicht krijgen in de verschillen tussen de experimenten en op die manier makkelijk systematisch experimenteren.

Voor de lage betrouwbaarheid van de voorkennistoets zijn een paar mogelijke verklaringen te geven. De voorkennistoets mat niet één onderwerp, maar bestond uit subschalen. Hierdoor is het wellicht lastig de interne consistentie en betrouwbaarheid van de voorkennistoets als geheel te bepalen, waardoor de betrouwbaarheid in dit geval misschien te laag uit is gevallen. Een tweede verklaring kan zijn dat de Duitse proefpersonen die deelnamen aan het onderzoek, moeite hadden met het begrijpen van de teksten. Mogelijk hebben deze studenten de test op sommige plekken anders geïnterpreteerd, waardoor de betrouwbaarheid lager uit kan zijn vallen. Het is in vervolgonderzoek verder raadzaam de toets van te voren op meer mensen uit te testen dan in het huidige onderzoek is gebeurd. Daarnaast is het erg belangrijk gebleken dat er een voldoende grote steekproef genomen wordt. Wellicht zou een gevarieerdere steekproef ook voor gevarieerder strategiegebruik kunnen zorgen.

Wat betreft het meten van de doelen en strategieën, kan het ook nuttig zijn te kijken wat de resultaten zijn als er geen gebruik wordt gemaakt van kaartjes. Proefpersonen kunnen dan echt hun eigen doel en strategie verwoorden, en het risico dat proefpersonen zomaar voor een kaartje kiezen waarop wellicht maar deels het gevolgde doel of de strategie staat, is dan niet aanwezig. Nadeel van de proefpersonen zelf laten beschrijven van doelen en strategieën, is dat proefpersonen niet goed weten wat voor soort beschrijving verwacht wordt en er dus wellicht onbruikbaarere antwoorden ontstaan. Een ander nadeel van het gebruik van voorgeschreven kaartje kan zijn, dat proefpersonen het kaartje niet goed begrijpen of anders interpreteren.

Aangezien uit dit onderzoek blijkt dat lerenden vaak niet weten wat ze precies doen tijdens een onderzoekend leertaak, kan het voor de onderwijspraktijk nuttig zijn lerenden bewuster te maken van hun strategiegebruik. Het leerproces kan hierdoor wellicht effectiever verlopen. Meer aandacht besteden aan reflectie en monitoring van het eigen leerproces kan hierbij helpen. Daarnaast kan het zinvol zijn de lerenden kennis te laten maken met de verscheidenheid aan doelen die lerenden zich kunnen stellen, aangezien uit dit onderzoek is gebleken dat veel proefpersonen hetzelfde doel hebben gekozen.

Samenvattend kan gezegd worden dat het onderzoek tegen de verwachting in, heeft geleid tot het resultaat dat aanwezige voorkennis, onderzoeksvaardigheden en doelen die lerenden zich stellen geen invloed blijken te hebben op het strategiegebruik. Voor dit resultaat zijn wel, zoals beschreven, goede verklaringen te geven. Een interessant resultaat is dat feitelijk en gepercipieerd strategiegebruik niet samen blijken te hangen. Er kan dus niet zomaar vanuit worden gegaan dat lerenden in een dergelijke taak weten wat ze doen. Met bovengenoemde resultaten kan dit onderzoek een goede aanzet vormen voor verder onderzoek of misschien wel een eerste aanzet zijn voor ontkrachting van eerder geleverd bewijs.

## Referenties

- De Jong, T. (2006). Computer simulations, technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532-533.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-202.
- Horstink, M. (2005). Constructie en validatie van een test voor het meten van inquiry skills. Ongepubliceerde bachelorthesis, Enschede: Universiteit Twente.
- Hulshof, C.D. (2001). *Discovery of ideas and ideas about discovery*. Proefschrift Universiteit Twente.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Njoo, M., & De Jong, T. (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 821-844.
- Quintana, C., Reiser, B.J., Davis, E.A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R.G., Kyza, E., Edelson, D., Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 337-386.
- Rieber, L. P., & Parmley, M. W. (1995). To teach or not to teach? Comparing the use of computer-based simulations in deductive versus inductive approaches to learning with adults in science. *Journal of Educational and Computing Research*, 13, 359-374.
- Schauble, L., Klopfer, L.E., & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 859-882.
- Van Berkel, H. & Bax, A. (2002). *Toetsen in het hoger onderwijs*. Houten / Diegem: Bohn Stafleu Van Loghum.
- Van Joolingen, W. R., & De Jong, T. (1997). An extended dual search space model of scientific discovery learning. *Instructional Science*, 25, 307-346.
- Von Ruedorffer, B. E., Streese, E., Kamps, L., & Schmitt, K. (2007). Validatie van de Inquiry Skills Test. Enschede: Universiteit Twente.