

Probleem-oplossen in het hoger onderwijs door (zelfgestuurd) leren van voorbeelden en oefenproblemen

Artikel gebaseerd op proefschrift: *Acquiring problem-solving skills in higher education: Sequencing and self-regulated learning from examples and problems.*

Milou van Harsel¹, Vincent Hoogerheide², Peter Verkoeijen³, & Tamara van Gog⁴

Avans Hogeschool / Universiteit Utrecht / Erasmus Universiteit Rotterdam

Samenvatting: Novieten leren nieuwe probleem-oplostaken op een effectieve manier door het bestuderen van voorbeelden, zoals stap-voor-stap uitgeschreven oplossingsprocedures of een docent die (op video) voordoet en uitlegt hoe je een probleem oplost. Steeds vaker worden (video)voorbeelden en oefenproblemen ingezet in computer-gebaseerde leeromgevingen om studenten (zelfstandig) nieuwe probleem-oplostaken te leren. In dit proefschrift is onderzocht 1) hoe (video)voorbeelden en oefenproblemen aangeboden moeten worden aan novieten om hun motivatie en leerprestaties te bevorderen, en 2) hoe (goed) novieten leren van (video)voorbeelden en oefenproblemen als zij zelfstandig leertaken kiezen. Resultaten lieten zien dat het bestuderen van voorbeelden, eventueel afgewisseld met oefenproblemen, leidde tot hogere leerprestaties, behaald met minder moeite en meer vertrouwen in eigen kunnen, dan alleen oefenproblemen oplossen. Starten met een voorbeeld voorafgaand aan een oefenprobleem kostte minder moeite en gaf meer vertrouwen in het eigen kunnen dan andersom. Wanneer studenten zelf voorbeelden en oefenproblemen konden kiezen, kwamen hun keuzes relatief goed overeen met bekende principes voor het effectief leren van nieuwe probleem-oplostaken. Wellicht om die reden, leidde instructie over zulke principes voorafgaand aan zelfgestuurd leren, niet tot betere leeruitkomsten. Toch is voorzichtigheid geboden met het inzetten van zelfgestuurd leren: zelfs na instructie over effectieve principes was er ruimte voor verbetering in taakkeuzes.

¹ Dr. M. van Harsel (m.vanharsel@avans.nl) is werkzaam bij het Leer- en Innovatiecentrum en de lectoraten Brein en Leren en Digitale Didactiek van Avans Hogeschool.

² Dr. V. Hoogerheide is werkzaam bij de afdeling Educatie van de Universiteit Utrecht.

³ Dr. P.P.J.L. Verkoeijen is werkzaam bij het Leer- en Innovatiecentrum, lectoraat Brein en Leren van Avans Hogeschool en bij het Department of Psychology, Education and Child Studies van de Erasmus Universiteit Rotterdam.

⁴ Prof. Dr. T. van Gog is werkzaam bij de afdeling Educatie van de Universiteit Utrecht.

Trefwoorden: leren van voorbeelden, zelfregulerend leren, zelfeffectiviteit, probleem-oplossen, instructieontwerp



corresponderende auteur Dr. M. van Harsel - m.vanharsel@avans.nl



Artikel ontvangen [10-05-22]; geaccepteerd [05-07-22]; gepubliceerd [22-08-22]

Context, probleem en onderzoeksvragen

Probleem-oplostaken vormen een belangrijk onderdeel van het curriculum op veel hogescholen, bijvoorbeeld in opleidingen waarin exacte vakken de basis vormen. Veel van de probleem-oplostaken (bijvoorbeeld wiskunde sommen) in deze vakken zijn algoritmisch, waarbij studenten moeten leren een procedure uit te voeren waarmee je van A (beschreven beginsituatie) naar B (beschreven eindsituatie) komt. Het oplossen van dit soort taken vraagt om conceptuele en procedurele kennis over welke acties uit te voeren, hoe deze uit te voeren en waarom deze uit te voeren.

Novieten, dat wil zeggen lerenden met weinig tot geen voorkennis van een specifieke taak, kunnen deze kennis op een effectieve en efficiënte manier verwerven middels het leren van voorbeelden (Van Gog et al., 2019). Denk hierbij aan tekst-gebaseerde voorbeelden (Sweller et al., 2011), waarin stap voor stap is uitgewerkt hoe een probleem opgelost moet worden, bijvoorbeeld een uitgewerkte wiskundeopgave in een wiskundeboek. Maar denk ook aan modelvoorbeelden (Bandura, 1977), waarin een model (een docent, expert, of medeleerling) stap voor stap de oplossingsprocedure demonstreert en daarbij eventueel mondelinge uitleg geeft. Modelvoorbeelden kunnen live gegeven worden (een leraar die het oplossen van een wiskundeprobleem in de les voordoet en uitlegt), maar worden ook steeds vaker gegeven op video (bijvoorbeeld in kennisclips of 'how-to' videos).

Sequentiëren van voorbeelden en oefenproblemen

Omdat videovoorbeelden tegenwoordig gemakkelijk gemaakt en gedeeld kunnen worden, is de populariteit van het leren van voorbeelden de afgelopen jaren alleen maar toegenomen (Hoogerheide & Roelle, 2020). Denk bijvoorbeeld aan YouTube, dat vol staat met how-to video's over een scala aan onderwerpen, die ook relevant zijn voor het onderwijs. De technologische mogelijkheden lopen echter vooruit op wat we weten over de wijze waarop voorbeelden het beste ingezet kunnen worden in het onderwijs om de prestaties en motivatie van studenten te bevorderen. Daarom was de eerste centrale onderzoeksvraag van dit proefschrift: *Hoe effectief, efficiënt en motiverend zijn verschillende*

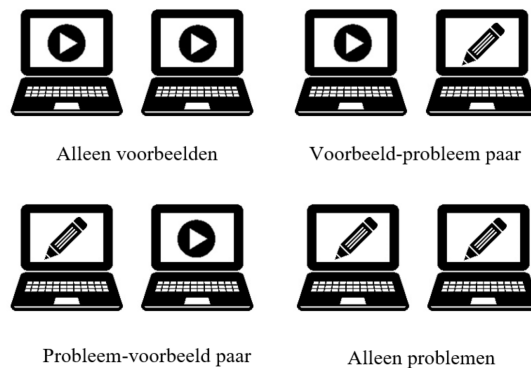
korte en langere sequenties van (video) voorbeelden en oefenproblemen voor eerstejaars hbo-studenten tijdens het leren oplossen van nieuwe wiskundeproblemen?

Zelfgestuurd leren met voorbeelden en oefenproblemen

Met de toenemende populariteit van onderwijsconcepten zoals *flipping the classroom*, *blended learning* en het leren via MOOC's (*Massive Online Open Courses*) verwerven studenten tegenwoordig steeds vaker kennis en vaardigheden via *online* leeromgevingen waarin videovoorbeelden, uitgewerkte voorbeelden en oefenproblemen zijn ingebed (Roll et al., 2011). Deze *online* leeromgevingen vereisen vaak van studenten dat zij zelf bepalen welke taken ze wanneer bestuderen. Er is echter relatief weinig bekend over hoe en hoe goed studenten hun leren met behulp van videovoorbeelden, uitgewerkte voorbeelden en oefenproblemen kunnen reguleren en of zij hierin ondersteuning nodig hebben. Daarom was de tweede centrale onderzoeksvraag van dit proefschrift: *Hoe (goed) reguleren eerstejaars hbo-studenten hun leren van voorbeelden en oefenproblemen in een online leeromgeving, en verbeteren hun taakselecties, leerresultaten en motivatie wanneer zij expliciet geïnformeerd worden over effectieve, efficiënte en motiverende instructieprincipes?*

Centrale vraag 1: Sequentiëren van voorbeelden en oefenproblemen

In eerder onderzoek is onderzocht of sommige sequenties (volgorde van - en verhouding tussen) van voorbeelden en problemen effectiever en efficiënter zijn dan andere. Effectiever betekent in dit geval dat studenten beter presteren op testtaken die vergelijkbaar zijn met wat zij hebben geoefend (isomorfe taken) en soms op testtaken die nieuw zijn maar waarvoor een gelijksoortige procedure gevolgd moet worden als voor de taken die geleerd zijn (transfer taken). Efficiënter betekent in dit geval dat gelijke of betere prestaties worden behaald met minder moeite of tijdsinvestering tijdens de leerfase of tijdens het oplossen van de testtaken. Deze sequenties bestonden voornamelijk uit alleen voorbeelden, een voorbeeld gevolgd door een oefenprobleem (voorbeeld-probleem paar), een oefenprobleem gevolgd door een voorbeeld (probleem-voorbeeld paar) of alleen problemen (zie Figuur 1 voor een visuele weergave). Uit eerder onderzoek is gebleken dat het bestuderen van alleen voorbeelden en voorbeeld-probleem paren even effectief en efficiënt is, maar dat beiden effectiever en efficiënter zijn dan het bestuderen van probleem-voorbeeld paren of alleen oefenproblemen oplossen (Van Gog et al., 2011).



Figuur 1: *Verschillende sequenties van voorbeelden en problemen.*

De rol van motivatie

We weten echter nog weinig over wat de effecten van deze verschillende sequenties van voorbeelden en oefenproblemen zijn op de motivatie van studenten (Van Gog et al., 2011). Motivatie is belangrijk voor de onderwijspraktijk. Zeker in leeromgevingen of situaties waarin studenten zelf keuzes kunnen maken is het belangrijk om rekening te houden met het effect van (sequenties van) leertaken op hun motivatie, omdat het van invloed kan zijn op de mate waarin een student met leren begint, doorzet of stopt (Pintrich, 2003). In dit proefschrift is de impact van verschillende sequenties op twee belangrijke aspecten van motivatie onderzocht, namelijk de mate van vertrouwen in het eigen kunnen (Engels: *self-efficacy* en *perceived competence*) en interesse in de taak (Engels: *topic interest*).

Tevens is onderzocht of deze aspecten van motivatie kunnen verklaren waarom het starten met een oefenprobleem minder effectief en efficiënt werd bevonden voor novieten dan het starten met een voorbeeld (Van Gog et al., 2011). Starten met een poging een probleem op te lossen, zonder te weten hoe dit aangepakt moet worden, zou ervoor kunnen zorgen dat het vertrouwen in eigen kunnen en de taakinteresse van de student vermindert. Als gevolg daarvan bestudeert de student het volgende voorbeeld (en andere vervolgtaken) mogelijk minder goed, wat een negatief effect op het leerresultaat kan veroorzaken (Van Gog et al., 2011).

De invloed van de lengte van de sequentie

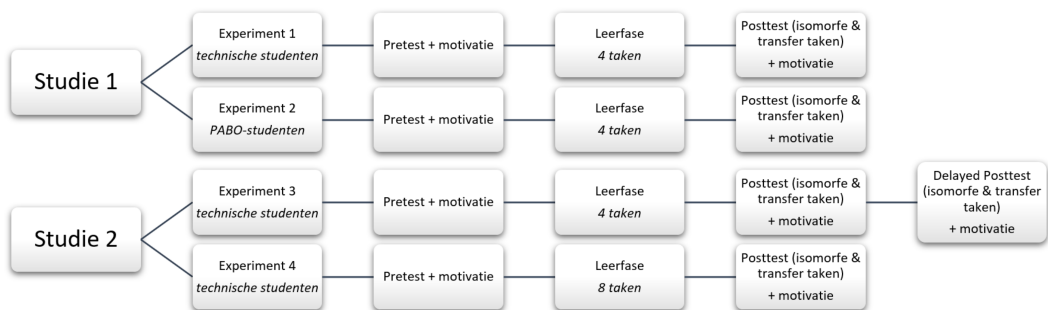
Daarnaast is het de vraag of eerdergenoemde resultaten anders zijn wanneer de verschillende sequenties langer worden en dus meer leertaken bevatten. De resultaten uit eerder onderzoek zijn namelijk vooral gevonden met korte taaksequenties van 2 of 4 leertaken. Het is mogelijk dat de resultaten anders zijn als taaksequenties langer worden. We weten

Probleem-oplossen in het hoger onderwijs door (zelfgestuurd) leren van voorbeelden en oefenproblemen

namelijk dat als voorkennis toeneemt, het bestuderen van voorbeelden voor studenten minder effectief is dan het oplossen van oefenproblemen omdat studenten de ondersteuning uit de voorbeelden niet meer nodig hebben (Kalyuga et al., 2001). Het bestuderen van alleen voorbeelden zou daarom minder effectief en efficiënt kunnen worden, dan voorbeeld-probleem paren. Daarnaast speelt motivatie mogelijk ook hier weer een rol. Dat wil zeggen, met langere taaksequenties wordt het enkel bestuderen van voorbeelden mogelijk als minder motiverend ervaren dan wanneer de geleerde kennis ook toegepast kan worden in oefenproblemen.

Centrale vraag 1: Methode en Resultaten

Ter beantwoording van de eerste centrale vraag van het proefschrift werd met behulp van twee studies (met vier experimenten in totaal), onderzocht hoe effectief, efficiënt en motiverend verschillende korte en langere sequenties van videovoorbeelden en oefenproblemen zijn. Hieronder is visueel weergegeven hoe de studies zijn opgezet (zie Figuur 2), waarna per studie de methode en resultaten worden toegelicht.



Figuur 2: Ontwerp van Studie 1 en Studie 2

Studie 1: Methode

In het eerste experiment is onderzocht hoe effectief, efficiënt en motiverend verschillende korte sequenties zijn. Hieraan namen 124 eerstejaars hbo-studenten van de opleidingen Elektrotechniek en Werktuigbouwkunde van een hogeschool in Zuid-Nederland deel (Mleeftijd = 19.25, 117 mannen, 7 vrouwen). Om te onderzoeken of de resultaten zouden kunnen repliceren met een andere studentpopulatie (studenten met een niet-technische achtergrond), werd een tweede experiment uitgevoerd met een identieke opzet met 81 Pabo-studenten van een hogeschool in Zuid-Nederland en een hogeschool in Zeeland (Mleeftijd = 18.98, 17 mannen, 65 vrouwen). Studenten leerden in een *online* leeromge-

ving wiskundige problemen op te lossen met behulp van de trapeziumregel. De trapeziumregel is een benaderingsformule om de numerieke waarde van een integraal te berekenen. Studenten waren op dat moment noviet wat betreft deze leertaak. Studenten werden *random* toegewezen aan één van vier condities en kregen vier leertaken aangeboden in de vorm van 1) alleen voorbeelden, 2) voorbeeld-probleem paren, 3) probleem-voorbeeld paren, of 4) alleen oefenproblemen. De voorbeelden waren videovoorbeelden. Hierin was het computerscherm te zien van een docente die, na een korte uitleg over de trapeziumregel en de beschrijving van het probleem, stap voor stap demonstreerde hoe het probleem opgelost kan worden met behulp van de trapeziumregel. De visuele demonstratie werd ondersteund met behulp van verbale uitleg en handgeschreven notities. In de oefenproblemen kregen studenten een beschrijving van de trapeziumregel en het probleem, maar werd niet uitgelegd hoe het probleem opgelost moest worden. In Figuur 3 is een voorbeeldomschrijving van een probleem gegeven. In beide experimenten werden de effecten op isomorfe taken en twee transfertaken onderzocht (effectiviteit), alsmede de effecten op geleverde moeite en geïnvesteerde tijd na iedere taak in de leerfase (efficiëntie). Motivatie werd voor en na de leerfase gemeten met behulp van korte vragenlijsten gericht op vertrouwen in eigen kunnen en taakinteresse.

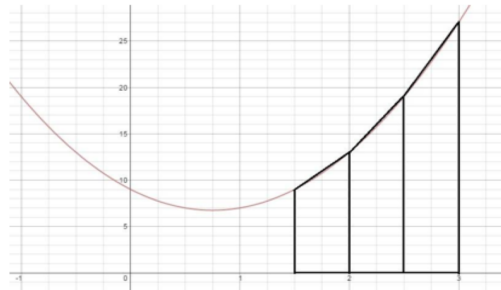
Studie 1: Resultaten

In het eerste experiment leidden de drie condities waarin voorbeelden (afgewisseld met oefenproblemen) werden aangeboden tot hogere prestaties op de isomorfe taken, met minder moeite en meer vertrouwen in eigen kunnen dan de conditie waarin alleen oefenproblemen werden aangeboden. Daarnaast leidde de conditie waarin alleen voorbeelden bestudeerd werden tot hogere prestaties op de isomorfe taken, met minder moeite, tijdsinvestering en meer vertrouwen in eigen kunnen dan de conditie met voorbeeld-probleem paren. In het tweede experiment met Pabo studenten leidden de drie condities waarin voorbeelden (afgewisseld met oefenproblemen) werden aangeboden ook tot hogere prestaties op de isomorfe taken, met minder moeite en meer vertrouwen in eigen kunnen dan de conditie waarin alleen oefenproblemen werden aangeboden. De resultaten op motivatie verschilden echter van het eerste experiment. In het tweede experiment hadden alleen studenten in de conditie met voorbeelden meer vertrouwen in eigen kunnen dan studenten in de condities waarin probleem-voorbeeld paren of alleen oefenproblemen werden aangeboden. Daarnaast behaalde de conditie met alleen voorbeelden dezelfde prestaties met minder moeite en tijdsinvestering dan de conditie met voorbeeld-probleem paren en probleem-voorbeeld paren. In beide experimenten werden geen verschillen gevonden in prestatie, vertrouwen in eigen kunnen en moeite tussen voorbeeld-

Probleem-oplossen in het hoger onderwijs
door (zelfgestuurd) leren van voorbeelden en oefenproblemen

probleem paren en probleem-voorbeeld paren. Ook werd er in beide experimenten geen verschil gevonden tussen de vier condities op de transfertaken en taakinteresse.

Jalil heeft een zonnecel gekocht en wil graag weten hoeveel energie de zonnecel levert. Op een meter kan Jalil aflezen hoe groot het vermogen is dat de zonnecel op dat moment levert. Deze gegevens heeft Jalil in een computerbestand gezet en een grafiek uitgedraaid. Langs de verticale as staat het vermogen dat de zonnecel op dat moment levert (in Watt per minuut) en langs de horizontale as staat de tijd in minuten.



Het benaderen van de oppervlakte gebeurt met behulp van **de trapeziumregel**:

$$\frac{(b-a)}{n} \left[\frac{1}{2}f(x_0) + f(x_1) + f(x_2) + \dots + \frac{1}{2}f(x_n) \right]$$

De trapeziumregel verdeelt de oppervlakte onder de grafiek in "banen". Door de oppervlakte van de "banen" bij elkaar op te tellen benader je de oppervlakte onder de grafiek. Hiervoor heb je onderstaande onderdelen nodig:

- a: de linker x-waarde van het te benaderen oppervlak
- b: de rechter x-waarde van het te benaderen oppervlak
- n: het aantal "banen" waarin je het oppervlak wilt verdelen
- xi: de x-waarde die de linker- of rechtergrens van een "baan" is
- f(xi): de functiewaarde die bij xi hoort, dat is hier: $f(x) = 4x^2 - 6x + 9$

Benader de oppervlakte onder de grafiek met de informatie die hierboven is gegeven. Schrijf al je tussenstappen en berekeningen op.

Figuur 3: Omschrijving van een probleem

Studie 2: Methode

Omdat in Studie 1, in tegenstelling tot eerder onderzoek (Van Gog et al., 2011), geen verschillen werden gevonden tussen voorbeeld-probleem paren en probleem-voorbeeld paren in prestatie en vertrouwen in eigen kunnen, en omdat studenten in de conditie met alleen voorbeelden een hogere prestatie en meer vertrouwen in eigen kunnen bereikte dan de conditie met voorbeeld-probleem paren, werd een tweede studie met een derde en vierde experiment opgezet. In het derde experiment werd onderzocht of de resultaten uit het eerste experiment zouden repliceren en stabiel zouden blijven op een tweede test een week later (*delayed posttest*) en in het vierde experiment werd onderzocht of de resultaten met korte sequenties (4 leertaken) anders worden met langere sequenties (8 leertaken). In beide experimenten werd tevens in meer detail onderzocht hoe het vertrouwen in eigen kunnen zich ontwikkelt tijdens het leren door hiernaar te vragen na elke leertaak.

Eerstejaarsstudenten van de opleidingen Elektrotechniek, Werktuigbouwkunde en Mechatronica van een hogeschool in Zuid-Nederland leerden wiskundige problemen oplossen met behulp de trapeziumregel en vier leertaken (Experiment 3; $N = 157$, Mleeftijd = 19.13, 155 mannen, 2 vrouwen) of acht leertaken (Experiment 4; $N = 105$, Mleeftijd = 19.30, 105 mannen, 0 vrouwen). Studenten werden opnieuw toegewezen aan een conditie met 1) alleen voorbeelden, 2) voorbeeld-probleem paren, 3) probleem-voorbeeld paren, of 4) alleen oefenproblemen. De materialen en uitkomstmaten waren identiek aan de materialen en uitkomstmaten van het eerste en tweede experiment.

Studie 2: Resultaten

Beide experimenten uit Studie 2 lieten zien dat het vertrouwen in eigen kunnen hoger was na de eerste leertaak in de condities waarin studenten startten met een voorbeeld in plaats van een probleem. Echter, na de tweede leertaak rapporteerden alle studenten in de condities met voorbeelden (ook probleem-voorbeeld paren) meer vertrouwen in eigen kunnen dan studenten in de conditie met alleen oefenproblemen. Dit patroon bleef stabiel tijdens en na de leerfase. In het eerste experiment leidden alle condities met voorbeelden (afgewisseld met oefenproblemen) ook tot hogere prestaties op de isomorfe taken, met minder moeite dan de conditie waarin alleen oefenproblemen werden aangeboden. In het tweede experiment leidde alleen de conditie waarin enkel voorbeelden werden bestudeerd tot hogere prestaties op de isomorfe taken, met minder moeite tijdens de leerfase dan de conditie met alleen oefenproblemen. Er werd in beide experimenten geen verschil gevonden tussen condities op de conceptuele transfer vragen of op taakinteresse. Ten slotte werd in de conditie met alleen voorbeelden minder moeite en tijd geïnvesteerd in de leerfase dan in de condities waarin voorbeelden en problemen werden afgewisseld, en werd in de conditie met voorbeeld-probleem paren in het derde experiment minder moeite geïnvesteerd dan in de conditie met probleem-voorbeeld paren.

Centrale vraag 1: Conclusie en Discussie

Samengevat lieten de resultaten van de studies zien dat, net zoals in eerder onderzoek is aangetoond (Van Gog et al. 2011), voor novieten het leren van voorbeelden – eventueel afgewisseld met oefenproblemen – een effectievere en efficiëntere strategie is om nieuwe probleemoplossingsvaardigheden aan te leren dan het alleen oplossen van oefenproblemen. Een nieuwe bevinding is dat het gebruik van voorbeelden (afgewisseld met oefenproblemen) ook tot meer vertrouwen in eigen kunnen leidt dan het alleen oplossen van oefenproblemen. Dat er geen effecten van verschillende sequenties zijn gevonden op

taakinteresse komt mogelijk doordat taakinteresse al vrij hoog was en moeilijk veranderbaar is in een kort tijdsbestek.

Een tweede interessante bevinding was dat, in tegenstelling tot eerder onderzoek (Van Gog et al., 2011), het starten met een oefenprobleem, mits gevolgd door een voorbeeld, beter werkte dan verwacht en niet slechter dan eerst een voorbeeld bestuderen en dan een oefenprobleem oplossen. Hierdoor rijst de vraag in welke situaties het starten met een voorbeeld voorafgaand aan een probleem effectiever is voor leren dan starten met een probleem voorafgaand aan een voorbeeld, en wanneer niet. De bevindingen van dit proefschrift ten aanzien van motivatie, in termen van taakinteresse en vertrouwen in eigen kunnen, suggereren dat starten met een voorbeeld wellicht toch aan te raden is. Starten met een oefenprobleem resulteerde namelijk in eerste instantie in minder vertrouwen in eigen kunnen. Dit zorgde er in deze studies echter niet voor dat studenten afhaakten bij het bestuderen van de voorbeelden (en oefenproblemen) die volgden, maar de taakinteresse van studenten was in deze studies redelijk hoog. Als taken als interessant en plezierig worden ervaren, wordt het starten met een probleem wellicht als uitdagend ervaren, waardoor studenten eerder gemotiveerd dan gedemotiveerd raken als zij (nog) niet weten hoe zij een probleem moeten aanpakken. Mogelijk haken studenten met een lagere taakinteresse wel af wanneer zij starten met een probleem.

Ten slotte lieten de bevindingen zien dat het alleen bestuderen van voorbeelden nog steeds effectief is wanneer er meer taken in de leerfase (en dus langere sequenties) worden bestudeerd. Dit is een verrassende bevinding omdat uit eerder onderzoek bekend is dat voorbeelden hun kracht verliezen naarmate lerenden meer voorkennis verkrijgen (Kalyuga et al., 2001). Echter, studenten doorliepen de leerfase in hun eigen tempo, waardoor zij zelf bepaalden hoe lang ze een voorbeeld wilden bestuderen of een taak wilden maken (ondanks dat studenten geïnstrueerd werden alles volledig te doorlopen). Hierdoor hebben studenten het bestuderen van voorbeelden mogelijk niet als overbodig of demotiverend ervaren.

Centrale vraag 2: Zelfgestuurd leren met behulp van voorbeelden en oefenproblemen

Studenten leren tegenwoordig steeds vaker nieuwe probleemoplosvaardigheden in online leeromgevingen waarin voorbeelden en oefenproblemen worden aangeboden en waarin zij zelf mogen kiezen wanneer en hoe (vaak) zij voorbeelden of oefenproblemen kiezen. Het is echter de vraag of studenten zelfstandig taken kunnen selecteren die passen bij hun leerbehoeften. Zelfgestuurd leren van probleemoplosvaardigheden is moeilijk, omdat studenten niet alleen hun prestaties op een specifieke leertaak moeten inschatten,

maar deze informatie ook moeten gebruiken bij het selecteren van een geschikte vervolgtask (Kostons et al., 2012). Het komt dan ook niet als een verrassing dat onderzoek heeft aangetoond dat studenten, met name novieten, vaak moeite hebben om nauwkeurig hun eigen kennislacunes in te schatten en te bepalen welke volgende task hen helpt deze te overbruggen (Kostons et al., 2012). Deze bevindingen roepen de vraag op hoe en hoe goed studenten taken selecteren tijdens het verwerven van nieuwe probleemoplosvaardigheden met behulp van voorbeelden en problemen.

Zelfgestuurd leren met voorbeelden en oefenproblemen

Er is nog relatief weinig onderzoek gedaan naar zelfgestuurd leren van probleem-oplosvaardigheden. Een recent onderzoek van Foster en collega's (2018) heeft aangetoond dat studenten ook suboptimale keuzes maken wanneer zij kunnen kiezen tussen het leren van voorbeelden en problemen. Zij kiezen dan vaker voor oefenproblemen dan voor voorbeelden, en starten zelden de leerfase met een voorbeeld. Er is echter meer onderzoek nodig naar het zelfgestuurd leren van voorbeelden en problemen, in het bijzonder naar welke keuzes studenten maken en hoe goed deze keuzes passen bij wat effectief is gebleken voor leren in onderzoek met vaste sequenties (onder andere gebleken uit de eerste experimenten van dit proefschrift).

<i>Principe</i>	<i>Uitleg</i>	<i>Referentie</i>
Leren-van-voorbeelden-principe	Door het vervangen van alle of een deel van de oefenproblemen door voorbeelden kunnen beginners meer leren met minder tijd en moeite dan door alleen oefenproblemen op te lossen. Dit is ook motiverender voor leren.	Sweller et al. (2011), Van Gog et al. (2019) Van Harsel et al. (2019, 2020)
Voorbeeld-eerst-principe	Beginners moeten de leerfase starten met een voorbeeld in plaats van een probleem. Dit is efficiënter en motiverender voor leren	Van Gog et al. (2011) Van Harsel et al. (2019, 2020)
Laagste-complexiteitsniveau-eerst-principe	Beginners moeten starten met een task op het laagste complexiteitsniveau	Van Merriënboer (1997), Van Merriënboer & Kirschner (2013)
Simpel-naar-complex-principe	Beginners moeten het complexiteitsniveau van een task geleidelijk aan verhogen naarmate hun kennis toeneemt	Van Merriënboer (1997), Van Merriënboer & Kirschner (2013)
Ieder-nieuw-complexiteitsniveau-starten-met-voorbeeld-principe	Beginners moeten aan het begin van elk nieuw complexiteitsniveau een hoog niveau van instructieondersteuning krijgen (zoals via een voorbeeld)	Van Merriënboer (1997), Van Merriënboer & Kirschner (2013)

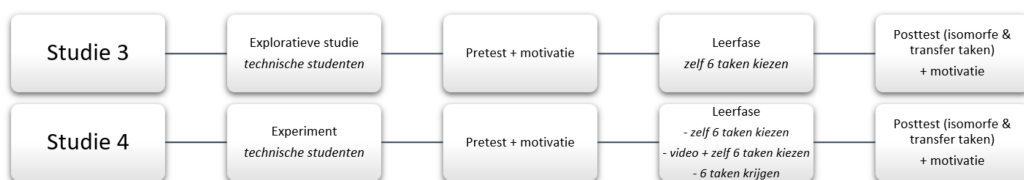
Figuur 4: Effectieve principes om nieuwe probleem-oplostaken te leren

Zelfgestuurd leren met voorbeelden en oefenproblemen ondersteunen

Daarnaast is het de vraag of en hoe het zelfgestuurd leren van voorbeelden en problemen ondersteund kan worden. Een manier die mogelijk goed werkt, en in de praktijk vrij eenvoudig geïmplementeerd kan worden, is het expliciet informeren van studenten over effectieve instructieprincipes die zijn afgeleid uit onderzoek naar instructieontwerp (zie Figuur 4). Het expliciet informeren van studenten over deze principes zou kunnen helpen om de (metacognitieve) kennis van studenten te vergroten over welke principes gunstig zijn voor het leren, en welke niet. Als gevolg daarvan wordt de kans groter dat deze principes ook daadwerkelijk worden toegepast (Yan et al., 2014). Onderzoek heeft laten zien dat dit inderdaad leidt tot meer kennis over (Endres et al., 2020) en gebruik van (Biwer et al., 2020) deze strategieën en tevens leerprestatie kan verbeteren (Ariel & Karpicke, 2017). Het is echter de vraag of deze benadering ook werkt om het zelfgestuurd leren van voorbeelden en oefenproblemen te verbeteren.

Centrale vraag 2: Methode en Resultaten

Ter beantwoording van de tweede centrale vraag van het proefschrift werd in Studie 3 en 4 onderzocht hoe (goed) eerstejaars technische hbo-studenten hun leren reguleren van voorbeelden en oefenproblemen in een online leeromgeving, en of hun taakselecties, leerresultaten en motivatie verbeteren wanneer zij expliciet geïnformeerd worden over effectieve, efficiënte en motiverende instructieprincipes. De materialen en uitkomstmaten waren identiek aan die van Studie 1 en 2. Een visuele weergave van de studies wordt weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Ontwerp van Studie 3 en Studie 4

Studie 3: Methode

Middels een exploratieve studie is verkend welke keuzes eerstejaars technische hbo-studenten ($N = 147$, Mleeftijd = 18.90, 139 mannen, 8 vrouwen) maakten wanneer zij een wiskunde problemen leerden oplossen met de trapeziumregel. In de leerfase konden stu-

denten zelf zes leertaken selecteren uit een taakdatabase met 45 leertaken. Deze taken varieerden in format (videovoorbeelden, tekst-gebaseerde voorbeelden en oefenproblemen), complexiteitsniveau (niveau 1, 2 en 3) en context (zie Figuur 6). Studenten hadden nog geen voorkennis over de leertaak. Daarbij is onderzocht in hoeverre hun taakselecties overeenkwamen met effectieve, efficiënte en motiverende instructieprincipes die zijn afgeleid uit experimenteel instructieonderzoek. Ten slotte is onderzocht of er een relatie was tussen de mate waarin studenten deze principes volgden en hun prestaties op isomorfe en transfertaken, de geïnvesteerde moeite en tijd, en hun vertrouwen in eigen kunnen en taakinteresse.

De Proef op de Som - Taakdatabase								
Niveau 1			Niveau 2			Niveau 3		
Video voorbeelden	Uitgewerkte voorbeelden	Oefenproblemen	Video voorbeelden	Uitgewerkte voorbeelden	Oefenproblemen	Video voorbeelden	Uitgewerkte voorbeelden	Oefenproblemen
Bier drinken	Bier drinken	Bier drinken	Hardlopen	Hardlopen	Hardlopen	Draaimolen	Draaimolen	Draaimolen
Energiekening	Energiekening	Energiekening	Water drinken	Water drinken	Water drinken	Roeien	Roeien	Roeien
Fitness	Fitness	Fitness	Wasmachine	Wasmachine	Wasmachine	Parfum	Parfum	Parfum
Brandstofverbruik	Brandstofverbruik	Brandstofverbruik	Zeepoplossing	Zeepoplossing	Zeepoplossing	Koffieverbruik	Koffieverbruik	Koffieverbruik
Verkeersdrukte	Verkeersdrukte	Verkeersdrukte	Stukadoor	Stukadoor	Stukadoor	Chocoladefeest	Chocoladefeest	Chocoladefeest

Figuur 6: Taakdatabase

Studie 3: Resultaten

De resultaten lieten zien dat de taakselecties van studenten redelijk goed overeenkwamen met de principes uit experimenteel onderzoek naar instructieontwerp. Dat wil zeggen, de overgrote meerderheid van de studenten selecteerde vooral voorbeelden tijdens de leerfase en startte de leerfase met een voorbeeld in plaats van een probleem. Vrijwel alle studenten startten ook de leerfase met een taak op het laagste complexiteitsniveau. Echter, slechts de helft van de studenten bouwde de complexiteit van de taken op van simpel naar complex (van level 1 naar level 2 naar level 3). Als studenten voor het eerst een taak op een hoger complexiteitsniveau bestudeerden, was dit vaak een voorbeeld. Al met al werden er tijdens de hele leerfase meer voorbeelden gekozen dan oefenproblemen en kozen studenten voornamelijk taken op het laagste complexiteitsniveau. Ten slotte lieten de resultaten zien dat er geen relatie was tussen het volgen van alle instructieprincipes en prestaties op isomorfe en transfertaken, de geïnvesteerde moeite en tijd, en hun vertrouwen in eigen kunnen en taakinteresse.

Studie 4: Methode

In de laatste studie van deze dissertatie is onderzocht of de resultaten van Studie 3 zouden repliceren. Er werd ook onderzocht of het zelfgestuurd leren van voorbeelden en problemen (op verschillende niveaus) even effectief, efficiënt, en motiverend is als het leren van een door de onderzoeker vooraf vastgestelde "ideale" sequentie van voorbeelden en problemen. Ten slotte werd onderzocht of het expliciet informeren van studenten over effectieve instructieprincipes hun taakselecties, prestaties en motivatie verbeterde. De uitkomstmaten waren identiek aan de uitkomstmaten in Studie 1 en 2, behalve dat taakinteresse niet werd gemeten. Eerstejaars hbo-studenten in het technische onderwijs ($N = 150$, Mleeftijd = 18.68, 143 mannen, 7 vrouwen), leerden een voor hen nieuw wiskunde probleem oplossen, door middel van a) een vooraf vastgestelde sequentie van zes voorbeelden en oefenproblemen (vaste sequentie conditie), b) het zelf kiezen van voorbeelden en oefenproblemen na het bekijken van een instructievideo over effectieve instructieprincipes (geïnformeerde zelfregulatieconditie) of c) het zelf kiezen van voorbeelden en oefenproblemen zonder het bekijken van een instructievideo (zelfregulatieconditie). In beide zelfregulatiecondities moesten studenten zelf zes leertaken kiezen uit een taakdatabase (zie Figuur 6).

Studie 4: Resultaten

De resultaten t.a.v. taakselecties waren vergelijkbaar met de resultaten van Studie 3. Dat wil zeggen, de taakselecties van het gros van de studenten in de zelfregulatieconditie kwamen redelijk goed overeen met de principes uit onderzoek naar instructieontwerp. Uitzondering was opnieuw dat de taken slechts door ongeveer de helft van de studenten werden opgebouwd van simpel naar complex. Studenten in de geïnformeerde zelfregulatieconditie, die de instructievideo hadden bekeken, volgden sommige principes net wat beter, aangezien zij vaker de taken opbouwden van simpel naar complex. Echter, dit resulteerde niet in hogere prestaties of meer vertrouwen in eigen kunnen op de posttest dan bij studenten die deze video niet hebben bekeken. Ook bleek er nog ruimte voor verbetering in de taakselecties van studenten: Rekening houdend met de prestatie na een poging een oefenprobleem op te lossen, was ongeveer 40% van de taakselecties niet zo effectief voor het leren (bijvoorbeeld omdat studenten een nieuw oefenprobleem op een hoger complexiteitsniveau kozen terwijl zij het oefenprobleem op een lager complexiteitsniveau nog niet of niet helemaal konden oplossen). Ten slotte werden er geen verschillen in prestatie en motivatie gevonden tussen studenten in de twee zelfregulatiecondities en studenten in de vaste sequentie conditie.

Centrale vraag 2: Conclusie & Discussie

Samengevat suggereren de resultaten van de laatste twee studies van dit proefschrift dat studenten tijdens het zelfgestuurd leren van voorbeelden en oefenproblemen (op verschillende complexiteitsniveaus) redelijk goed in staat zijn om leertaken te selecteren. Veel van de taakselecties van studenten kwamen overeen met de instructieprincipes die in onderzoek effectief zijn gebleken voor het aanleren van nieuwe probleemoplosvaardigheden. Dat studenten de principes in grote lijnen volgden, betekende niet per se dat ze altijd de beste keuze op dat moment maakten. Gelet op hun prestaties op de oefenproblemen, was er nog behoorlijk wat ruimte voor verbetering in het selecteren van een passende vervolgtask. Een belangrijk resultaat van Studie 3 was ook dat het leren van studenten die hun eigen leerproces reguleerden even effectief, efficiënt en motiverend bleek te zijn als dat van studenten die leerden via een vaste sequentie van voorbeelden en oefenproblemen op verschillende complexiteitsniveaus. Samengenomen zijn dit interessante bevindingen, omdat eerder onderzoek liet zien dat de taakselecties van novieten (met name in het begin van de leerfase) nauwelijks overeenkwamen met de effectieve instructieprincipes (Foster et al., 2018), en dat zelfgestuurd leren voor novieten vaak minder effectief is dan het bestuderen van vaste sequenties (Azevedo et al., 2008).

Een mogelijke verklaring voor het feit dat de deelnemers aan de studies uit dit proefschrift het leren van voorbeelden en problemen redelijk goed konden reguleren, en daar evenveel van leerden als van een vaste sequentie aan leertaken, is dat de deelnemende studenten waarschijnlijk al enige ervaring hadden met soortgelijke taken (zoals het werken met formules) vanwege de grote hoeveelheid wiskunde in hun curriculum. Daarnaast is het leren van voorbeelden een veelvoorkomende strategie in het wiskundeonderwijs (Hoogerheide & Roelle, 2020), waardoor studenten hiermee mogelijk al enige ervaring hebben opgedaan. Deze ervaring kan hebben geholpen bij het maken van betere taakselectiebeslissingen, aangezien studenten met meer voorkennis betere taakselectiebeslissingen kunnen maken (Corbalan et al., 2006). Daardoor rijst de vraag of studenten zonder deze mogelijke 'voorkennis' dezelfde resultaten laten zien als zij zelf taken mogen selecteren.

Een andere bevinding is dat studenten die de instructievideo hadden bekeken betere taakselecties leken te maken (o.a. vaker de complexiteit van de taken op te bouwen van simpel naar complex) dan studenten die deze video niet hadden bekeken. Niettemin resulteerde dit niet in verschillen op prestatie en motivatie tussen beide zelfregulatiecondities, noch tussen de geïnformeerde zelfregulatieconditie en de vaste-sequentieconditie. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat studenten ook zonder video-instructie al relatief goede taakselectiebeslissingen maakten gebaseerd op de instructieprincipes. Echter, zoals eerder genoemd, was er nog ruimte voor verbetering (de taakselecties na het probe-

ren oplossen van een oefenprobleem pasten niet altijd bij de prestatie op dat probleem). Daarom zou een andere verklaring kunnen zijn dat de interventie niet 'sterk' genoeg was om de taakselecties van studenten nog beter te maken, bijvoorbeeld doordat studenten de video-instructie maar één keer te zien kregen voorafgaand aan het maken van keuzes en niet konden oefenen met de principes. Hierdoor hadden ze mogelijk moeite met het herinneren hoe bepaalde principes toegepast moesten worden. Ook zouden studenten mogelijk baat hebben bij trainingen die helpen om betere inschattingen te maken van hun prestaties en het kiezen van passende vervolgtaken (Raaijmakers et al., 2018). Een deel van de gekozen vervolgtaken na het oplossen van een oefenprobleem werd namelijk gekwalificeerd als minder relevant voor het leren van de student. Vervolgonderzoek zou moeten uitwijzen of het aanpassen van de interventie de taakselecties, prestaties en motivatie van studenten (verder) zou kunnen versterken.

Reflectie op methodologie

Het gepresenteerde onderzoek kent ook enkele beperkingen. Ten eerste bestonden bijna alle steekproeven uit studenten in het technisch hoger onderwijs (behalve in Studie 1, Experiment 2) en dezelfde wiskunde problemen (d.w.z. de trapeziumregel). Hoewel dit ook een kracht is van het proefschrift (vanwege replicaties), is het onduidelijk in hoeverre de bevindingen generaliseren naar andere contexten en andere populaties. Dat geldt in het bijzonder voor de nieuwe bevindingen, zoals effecten van verschillende sequenties voorbeelden en problemen op de motivatie van studenten en hoe (goed) studenten hun leren van voorbeelden en problemen kunnen reguleren. Alle deelnemers leken behoorlijk gemotiveerd (de gemiddelde taakinteresse was vrij hoog) en het is mogelijk dat studenten met een langere interesse andere resultaten laten zien. Bovendien, omdat wiskunde een groot deel van het curriculum beslaat in het technisch hoger onderwijs hadden studenten mogelijk al ervaring met het leren van voorbeelden of soortgelijke wiskundetaken, wat hen misschien geholpen heeft bij het maken van relatief adequate taakselectiebeslissingen.

Daarnaast werden studenten enigszins beperkt in aan wat voor soorten taken ze konden werken (d.w.z. in Studie 1 en 2 aan vaste sequenties) en aan hoeveel taken ze konden werken (in alle studies). Deze keuze is gemaakt om ervoor te zorgen dat de omstandigheden in alle opzichten vergelijkbaar zouden zijn. Echter, in de dagelijkse onderwijspraktijk is er waarschijnlijk veel meer variatie in het type en aantal taken omdat een ideale takenvolgorde afhangt van de voorkennis, leersnelheid, motivatie en inspanning van studenten, en daarom per individu verschilt. Het is daardoor waarschijnlijk dat sommige studenten aan een takenreeks hebben gewerkt die voor hen niet optimaal was. Toe-

komstig onderzoek zou daarom bijvoorbeeld kunnen onderzoeken welke keuzes studenten maken als er meer variatie en type en hoeveelheid taken is.

Praktische aanbevelingen en suggesties voor vervolgonderzoek

Op basis van de resultaten van de eerste twee studies uit dit proefschrift en eerder onderzoek naar het leren van voorbeelden, lijkt het vooral van belang om studenten met weinig tot geen voorkennis (meerdere) voorbeelden - eventueel afgewisseld met oefenproblemen - aan te reiken als zij een nieuwe probleemoplosvaardigheid leren. Hoewel het enkel aanbieden van voorbeelden ook goed werkt (blijkens deze studies), is het in de praktijk waarschijnlijk wenselijk studenten wel te laten oefenen met zelf probleem-oplossen. Bijvoorbeeld omdat oefening helpt bij het verbeteren van je eigen prestaties en het noodzakelijk is om transfer van het geleerde naar andere contexten te bereiken. Tevens blijkt uit onderzoek dat aanvullend oefenen helpt met het accuraat beoordelen van de eigen prestaties; Baars et al., 2017). De beste volgorde om voorbeelden en oefenproblemen aan te bieden is om studenten te laten starten met een voorbeeld voorafgaand aan het oplossen van een oefenprobleem. Dit lijkt vooral te gelden wanneer de studietijd en het aantal leertaken (zeer) beperkt zijn. Het efficiëntievoordeel (in termen moeite) en motivatievoordeel (in termen van vertrouwen in eigen kunnen) van het starten met een voorbeeld in plaats van een oefenprobleem verdwijnt wanneer sequenties langer worden. Bij langere sequenties is het nog steeds aan te raden voorbeelden aan te bieden tijdens het leren omdat dit effectiever, efficiënter en motiverender is voor het leren dan enkel het oplossen van oefenproblemen, mits de complexiteit van de taken opbouwt (als dit niet het geval is, weten we uit eerder onderzoek, verdwijnt het voordeel van het bestuderen van voorbeelden en hebben studenten meer baat bij het oplossen van oefenproblemen; Kalyuga et al., 2001). Kortom, het leren van voorbeelden is en blijft een krachtig middel voor novieten!

Gelet op de resultaten van de laatste twee studies uit het proefschrift lijkt het 'veilig' om studenten, wellicht na enige instructie over effectieve, efficiënte en motiverende instructie-ontwerpprincipes (zie Figuur 4), zelfstandig aan de slag te laten gaan met het leren van nieuwe wiskundevaardigheden met behulp van voorbeelden en problemen. Dat wil zeggen, het lijkt hun leren niet te schaden vergeleken met een vaste set leertaken die vormgegeven is volgens die principes. Echter, er is enige voorzichtigheid geboden met dit soort conclusies omdat we nog niet weten of deze bevindingen kunnen generaliseren naar andere studentpopulaties. De deelnemende studenten in de studies van dit proefschrift hadden mogelijk al enige ervaring met het leren van soortgelijke taken en het leren van voorbeelden. Bovendien was er, zelfs na instructie over effectieve instructie-ontwerpprincipes, nog ruimte voor verbetering in de taakselecties van studenten, en met name

wanneer we keken naar hun feitelijke prestatie op de oefenproblemen. Vervolgonderzoek zou daarom na moeten gaan hoe we zelfgestuurd leren nog verder kunnen verbeteren, bijvoorbeeld door instructie over effectieve principes krachtiger te maken door deze vaker te laten zien of door studenten aanvullend te trainen in het maken van goede inschattingen van hun prestaties op basis waarvan zij een vervolgtask moeten kiezen.

Literatuur

- Ariel, R., & Karpicke, J. D. (2017). Improving self-regulated learning with a retrieval practice intervention. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 24(1), 43–56. <https://doi.org/10.1037/xap0000133>
- Azevedo, R., Moos, D. C., Greene, J. A., Winters, F. I., & Cromley, J. G. (2008). Why is externally-facilitated regulated learning more effective than self-regulated learning with hypermedia? *Educational Technology Research and Development*, 56, 45–72. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9067-0>
- Baars, M., Van Gog, T., De Bruin, A., & Paas, F. (2017). Effects of problem solving after worked example study on secondary school children's monitoring accuracy. *Educational Psychology*, 37(7), 810-834. <https://doi.org/10.1080/01443410.2016.1150419>
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84, 191-215. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191>
- Biwer, F., Oude Egbrink, M. G., Aalten, P., & De Bruin, A. B. (2020). Fostering effective learning strategies in higher education—A mixed-methods study. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 9(2), 186-203. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2020.03.004>
- Corbalan, G., Kester, L., & Van Merriënboer, J. J. (2006). Towards a personalized task selection model with shared instructional control. *Instructional Science*, 34(5), 399-422. <https://doi.org/10.1007/s11251-005-5774-2>
- Endres, T., Leber, J., Böttger, C., Rovers, S., & Renkl, A. (2021). Improving lifelong learning by fostering students' learning strategies at university. *Psychology Learning & Teaching*, 20(1) 144–161. <https://doi.org/10.1177/1475725720952025>
- Foster, N. L., Rawson, K. A., & Dunlosky, J. (2018). Self-regulated learning of principle based concepts: Do students prefer worked examples, faded examples, or problem solving? *Learning and Instruction*, 55, 124-138. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.10.002>
- Hoogerheide, V., & Roelle, J. (2020). Example-based learning: New theoretical perspectives and use-inspired advances to a contemporary instructional approach. *Applied Cognitive Psychology*. <https://doi.org/10.1002/acp.3706>
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 579-588. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.579>

- Kostons, D., Van Gog, T., & Paas, F. (2012). Training self-assessment and task-selection skills: A cognitive approach to improving self-regulated learning. *Learning and Instruction*, 22, 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.08.004>
- Pintrich, P. R. (2003). A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 667.
- Raaijmakers, S. F., Baars, M., Paas, F., Van Merriënboer, J. J. G., & Van Gog, T. (2018). Training self-assessment and task-selection skills to foster self-regulated learning: Do trained skills transfer across domains? *Applied Cognitive Psychology*, 32, 270-277. <https://doi.org/10.1002/acp.3392124>
- Roll, I., Aleven, V., McLaren, B. M., & Koedinger, K. R. (2011). Improving students' help-seeking skills using metacognitive feedback in an intelligent tutoring system. *Learning and Instruction*, 21(2), 267-280. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.07.004>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer.
- Van Gog, T., Kester, L., & Paas, F. (2011). Effects of worked examples, example-problem, and problem-example pairs on novices' learning. *Contemporary Educational Psychology*, 36(3), 212-218. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.10.004>
- Van Gog, T., Rummel, N., & Renkl, A. (2019). Learning how to solve problems by studying examples. In J. Dunlosky & K. Rawson (Eds.), *The Cambridge handbook of cognition and education* (pp. 183-208). New York: Cambridge University Press.
- Van Harsel, M., Hoogerheide, V., Verkoeijen, P. P. J. L., & Van Gog, T. (2020). Examples, practice problems, or both? Effects on motivation and learning in shorter and longer sequences. *Applied Cognitive Psychology*, 34(4), 793-812. <https://doi.org/10.1002/acp.3649>
- Van Harsel, M., Hoogerheide, V., Verkoeijen, P. P. J. L., & Van Gog, T. (2019). Effects of different sequences of examples and problems on motivation and learning. *Contemporary Educational Psychology*, 58, 260-275. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.03.005>
- Van Merriënboer, J. J. G. (1997). Training complex cognitive skills: A four-component instructional design model for technical training. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Van Merriënboer, J. J., Kirschner, P. A., & Kester, L. (2003). Taking the load off a learner's mind: Instructional design for complex learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 5-13. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_2
- Yan, V. X., Thai, K.-P., & Bjork, R. A. (2014). Habits and beliefs that guide self-regulated learning: Do they vary with mindset? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3(3), 140-152. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2014.04.003>