

The background of the cover is a close-up, slightly blurred view of various colorful 3D numbers and letters. The colors include yellow, blue, green, orange, pink, and white. The numbers and letters are scattered across the frame, creating a vibrant and playful atmosphere.

Praktijkgerichte
literatuurstudies
onderwijsonderzoek

ZIN IN WETENSCHAPPEN, WISKUNDE EN TECHNIEK

Leerlingen motiveren voor STEM

**HILDE VAN HOUTE, BEA MERCKX, JAN DE LANGE
& MELISSA DE BRUYKER**

acco

INHOUD

INHOUD	9
SAMENVATTING	13
HOOFDSTUK I	
INLEIDING	15
1.1. Verantwoording	15
1.2. Opbouw van deze literatuurstudie	17
1.3. Leeswijzer	17
1.4. Inleiding attitudes en krachtige leeromgeving	18
1.4.1. Motivatie	19
1.4.2. Zelfeffectiviteit	23
1.4.3. Interesse	25
1.4.4. Krachtige leeromgeving	27
1.4.5. Socio-culturele invloeden en schoolcultuur	28
HOOFDSTUK II	
WAT?	31
2.1. Wat bied je aan binnen STEM-onderwijs?	31
2.1.1. Wat wil je bereiken met STEM-onderwijs?	31
2.1.2. Hoe kan je focussen op conceptueel inzicht?	35
2.1.3. Wat is het belang van contextgericht onderwijs?	39
2.1.4. Een interdisciplinaire aanpak binnen STEM-onderwijs: waarom wel/niet?	43
2.1.5. Hoe integreer je Nature of Science (mathematics, technology) binnen onderwijs?	45
HOOFDSTUK III	
HOE?	49
3.1. Hoe kan je wiskunde-, wetenschaps- en techniekonderwijs vorm geven?	49
3.2. Onderzoekende aanpak: wat, waarom en hoe?	51
3.2.1. Wat is onderzoek en wat betekent onderzoek voor onderwijs?	51
3.2.2. Wat verstaan we onder een onderzoekende aanpak en waarom zou je deze toepassen?	53
3.2.3. Wat zijn kenmerken van onderzoekende en motiverende aanpakken in onderwijs?	59
3.2.4. Integratie van ICT in een onderzoekende aanpak	70

3.3.	Simulaties en experimenten: zijn ze effectief?	72
3.3.1.	Simulaties	72
3.3.2.	Experimenten en “hands-on” activiteiten	74
3.4.	Hoe het technisch proces en ontwerpproces vorm geven?	76
3.4.1.	Het technisch proces en het ontwerpproces	77
3.4.2.	Projectonderwijs	80
3.4.3.	Ontwerp-gebaseerde wetenschap	81
3.5.	Samenwerkend leren of niet? Hoe organiseer je het?	82
3.5.1.	Samenwerkend leren: wat verstaan we eronder?	82
3.5.2.	Samenwerkend leren: waarom zou je het doen?	83
3.5.3.	Samenwerkend leren: Hoe organiseer je het?	84
3.6.	Hoe van gedachten wisselen in de klas? Vragen stellen, dialoog, discussie en debat	94
3.6.1.	Vragen stellen in de klas	95
3.6.2.	Waarom dialoog en discussie in de klas?	100
3.6.3.	Waarom debatteren in de klas?	106
3.7.	Hoe (probleemoplossend) denken in de klas stimuleren?	107
3.7.1.	Hoe probleemoplossend denken?	108
3.7.2.	Creatief denken	112
3.7.3.	Kritisch denken	117
3.8.	Hoe evalueren?	120
3.8.1.	Inleiding	120
3.8.2.	Waarom evalueren?	122
3.8.3.	Wat evalueren?	125
3.8.4.	Hoe evalueren?	130
3.8.5.	Wie evalueert?	137
3.8.6.	Feedback geven	140
3.9.	Hoe zelfregulerend leren stimuleren?	142
3.9.1.	Waarom zelfregulerend leren?	142
3.9.2.	Wat is zelfregulerend leren?	143
3.9.3.	Een leerling wordt niet van vandaag op morgen zelfregulerend	145
3.9.4.	Hoe worden leerlingen zelfregulerend?	146
3.10.	Wat zijn de praktische voorwaarden?	153
3.10.1.	Welke leermiddelen gebruik je?	153
3.10.2.	Hoeveel tijd vragen activiteiten binnen STEM-disciplines?	170
3.10.3.	Waar organiseer je STEM-activiteiten?	172
3.11.	Welke partners betrekken bij STEM-onderwijs?	174

HOOFDSTUK IV

WIE? 177

- 4.1. Wat is de invloed van de persoonlijke kenmerken van de leerling op de interesse en motivatie voor STEM? 177
 - 4.1.1. Wat is de invloed van gender op de keuze voor STEM-onderwijs? 177
 - 4.1.2. Hoe leerlingen met een verschillend prestatieniveau betrekken bij STEM-onderwijs? 181
 - 4.1.3. Welke leerstijlen bereik je met STEM-onderwijs? 184

HOOFDSTUK V

ROL VAN DE LERAAR 187

- 5.1. Wat wordt verwacht van een STEM-leraar? 187
 - 5.1.1. Voldoe je als STEM-leraar? 187
 - 5.1.2. Wat betekent dit voor de professionalisering van leraren? 188

BESLUIT 191

Besluit 191

APPENDICES 197

- A.1. Methodologische verantwoording 197
 - A.1.1. Zoekstrategieën, inbreng in databank en voorwaarden voor inclusie 197
 - A.1.2. Beschrijving van de verzamelde bronnen 201
 - A.1.3. Verwerken van de bronnen in de publicatie 201
 - A.1.4. Bewaken van kwaliteit en toepasbaarheid 203
- A.2. Literatuurlijst en inspirerende suggesties 204
 - A.2.1. Geannoteerde literatuurlijst van inspirerende bronnen 204
 - A.2.2. Interessante websites 208
 - A.2.3. Literatuurlijst 209
- A.3. Begrippenlijst 230

HOOFDSTUK III

HOE?

3.1. Hoe kan je wiskunde-, wetenschaps- en techniekonderwijs vorm geven?

Om een antwoord te bieden op deze vraag, gingen we in de vakliteratuur op zoek naar overkoepelende didactische aanpakken die de interesses, de motivatie, de nieuwsgierigheid en het zelfvertrouwen van meisjes en jongens voor wetenschap, techniek en wiskunde aanwakkeren en bij voorkeur ook effect hebben op hun leerprestaties. We kunnen hier Scott citeren (p.51): "Lesgeven is een responsieve activiteit die afhankelijk is van verschillende externe factoren maar toch kunnen sommige aanpakken meer effectief zijn dan anderen"²¹⁷. Uit de literatuur⁵¹ omtrent de STEM-vakken –(natuur)wetenschap, wiskunde en techniek – blijkt dat effectieve aanpakken inspelen op vroegere interesses en ervaringen van leerlingen, ze bouwen verder op wat deze reeds weten en bieden hen talrijke ervaringen om zich te engageren in deze wetenschappelijke domeinen. Literatuur ter zake toont eveneens aan dat een grote diversiteit aan werkvormen de leraar in staat stelt om in te spelen op verschillende noden van leerlingen⁷⁷. Bovendien kan door een variatie aan werkvormen de motivatie van leerlingen verhoogd worden, zodat ze zich meer inspannen voor de (als moeilijk ervaren) vakken zoals wiskunde en wetenschap⁹². Ook het recente Eurydice-rapport⁷⁸ over wiskundeonderwijs benadrukt het belang van variatie tijdens de lessen: opdat onderwijsmethoden en bijhorende opdrachten de motivatie van leerlingen zouden verhogen, moeten ze boeiend en divers zijn en daarenboven verband houden met het dagelijkse leven van jongeren. Verder wordt bijvoorbeeld in het rapport van de UK⁷⁸ gesuggereerd om zeker een creatieve houding en een samenwerkende aanpak te bevorderen bij jongeren die wiskunde uitdagend en speciaal vinden. Op deze manier wil men een mogelijke negatieve attitudeverandering ten aanzien van wiskunde bij deze specifieke jongeren vermijden. Uiteraard zijn alle jongeren hier bij gebaat.

Naast motivatie, diversiteit en interesse speelt ook een onderzoekende aanpak een cruciale rol in het creëren van effectief onderwijs. Het rapport van de Europese Commissie⁷⁷ over een nieuwe pedagogie voor wetenschap omschrijft wetenschap, techniek en wiskunde als de standaard wetenschappelijke vakken. In dit rapport wordt duidelijk aangegeven dat aanpakken die gebaseerd zijn op onderzoek veel effectiever zijn dan traditionele aanpakken. In realiteit blijkt echter dat deze aanpakken in een groot deel van Europa geen ingang vinden in de klaspraktijk. In het rapport van de Europese Commissie wordt onder de onderzoekende aanpak bovendien ook de probleemoplossende aanpak verstaan. In deze studie hebben we er echter voor geopteerd om beide aanpakken (onderzoekend en probleemoplossend) afzonderlijk te bespreken, ook al zijn er meerdere gelijkenissen. De reden hiervoor is dat de onderzoekende aanpak meer aansluit bij wetenschapsonderwijs, terwijl de probleemoplossende aanpak vooral in wiskunde- en techniekonderwijs aan bod komt.

Ook het rapport van Zoller²⁹⁴ staat kritisch tegenover traditionele aanpakken. Dit rapport bespreekt methodes binnen techniek en wetenschapsonderwijs in het basisonderwijs en dit in het kader van STES (science, technology, engineering en society). Zoller argumenteert dat traditionele aanpakken binnen wetenschap, die een sterke focus hebben op het 'kennen', uiteindelijk weinig zullen bijdragen tot de ontwikkeling van denkvaardigheden van een hoger niveau. Nochtans zijn deze denkvaardigheden erg noodzakelijk voor zowel STES- als STEM-onderwijs. Aanpakken die denkvaardigheden van een hoger niveau stimuleren – zoals creatief denken, probleemoplossend denken, besluitvorming en transfer – moeten volgens het rapport in onderwijs geïntegreerd worden.

We stellen vast dat er meerdere visies over een juiste didactische aanpak circuleren. Harlen⁹⁶ bijvoorbeeld stelt voor om verschillende aanpakken te combineren om zo tot 'de beste pedagogie' voor wetenschappen te komen. Harlen⁹⁶ (p.35) onderscheidt de volgende verschillende aanpakken: individueel en sociaal constructivisme; bevorderen van discussie; dialoog en argumentatie; bevorderen van onderzoek; toepassen van formatieve evaluatie.

Op basis van bovenstaande gegevens zullen we in dit deel – Hoe kan je wiskunde-, wetenschaps- en techniekonderwijs vorm geven? – onder andere ingaan op onderzoekende en probleemoplossende aanpakken, op het stimuleren van dialoog, discussie en argumentatie, op samenwerkend leren, op zelf-regulerend leren, op mogelijke leermiddelen en op het toepassen van formatieve evaluatie.

Voor de volledige inhoudelijke samenstelling van deze review gingen we ook te rade bij Jan van den Akker²⁵². Hij heeft een spinnenwebmodel ontworpen dat de verschillende delen in een curriculum duidelijk visualiseert. Zoals we reeds in de inleiding aangaven, definieert hij tien componenten: visie van het curriculum, doelen en objectieven, inhouden, leeractiviteiten, rol van de leraar, materialen en bronnen, groepering, locatie, tijd en evaluatie. Deze tien componenten plaatst hij in een web, waarbij de visie in het midden staat en de negen overige componenten op de draden in het web worden geplaatst. Dit spinnenweb illustreert enerzijds de interactie en samenhang tussen de verschillende componenten, maar anderzijds ook de kwetsbaarheid van het web indien we als leraar geen balans nastreven. Wanneer je teveel aandacht besteedt aan één van de componenten, dan zal het spinnenweb breken. Een leraar dient dus aandacht te hebben voor de verschillende componenten. In dit deel – Hoe kan je wiskunde-, wetenschaps- en techniekonderwijs vorm geven? – komen vooral de hoe-kwesties aan bod, zoals didactiek, leermiddelen, het wanneer en waar.

We hebben dit onderdeel opgevat als een soort van FAQ katern. Hieronder vind je de vragen die achtereenvolgens aan bod komen. Je kunt uiteraard ook zelf kiezen welke vraag je beantwoord wilt zien.

- ▶ Onderzoekende aanpak: wat, waarom en hoe?
- ▶ Simulaties en experimenten: zijn ze effectief?
- ▶ Hoe het technisch proces en het ontwerpproces vorm geven?
- ▶ Samenwerkend leren of niet? Hoe organiseer je het?
- ▶ Hoe van gedachten wisselen in de klas?
- ▶ Hoe evalueren?

- ▶ Hoe (probleemoplossend) denken in de klas stimuleren?
- ▶ Hoe zelfregulerend leren stimuleren?
- ▶ Wat zijn de praktische voorwaarden? Middelen, tijd en ruimte.
- ▶ Welke partners betrekken bij STEM-onderwijs?

3.2. Onderzoekende aanpak: wat, waarom en hoe?

It is nothing short of a miracle that modern methods of instruction have not yet entirely strangled the holy curiosity of inquiry. Albert Einstein

Op onderzoek gebaseerd wetenschapsonderwijs blijkt in Europa meer en meer aan belang te winnen. De Europese Commissie spreekt over een nieuwe vorm van wetenschapsonderwijs waarbij onderzoek en een onderzoekende aanpak centraal staan⁷⁷. Onder wetenschap vallen in deze context alle STEM-disciplines, dit zijn wetenschap, techniek, wiskunde en voor basisonderwijs dus ook wereldoriëntatie⁷⁷.

In dit deel gaan we eerst in op de betekenis van de term onderzoek voor onderwijs. Vervolgens verkennen we het begrip 'onderzoekende aanpak' en gaan we na waarom je deze aanpak zou toepassen. In een derde deel zoeken we naar kenmerken van onderzoekende én motiverende onderwijskundige aanpakken, om in een laatste deel onderzoekende aanpakken te belichten die op technologie gebaseerd zijn.

3.2.1. Wat is onderzoek en wat betekent onderzoek voor onderwijs?

Deze vragen kunnen niet zo makkelijk beantwoord worden, wat blijkt uit de vele definities en benaderingen die er bestaan. Een vrij uitgebreide definitie vinden we terug in een document van de Europese Commissie⁷⁷ (p.9): "Onderzoek is het intentioneel proces van het uiteenrafelen van problemen, bekritisieren van experimenten, zoeken naar alternatieven, plannen van onderzoeken, onderzoeken van veronderstellingen, zoeken naar informatie, construeren van modellen, bespreken met collega's en het vormen van coherente argumenten." Krajcik et al.¹⁷⁵ (p.284) daarentegen verwoorden de aard en functie van onderzoek als volgt: "Onderzoek stimuleert de ontwikkeling, de transformatie en de representatie van ideeën en het helpt lerenden te begrijpen hoe kennis in verschillende disciplines werd gegenereerd." Ze hebben het m.a.w. over het inzicht in hoe wetenschappelijke disciplines zijn ontstaan en te werk gaan, terwijl de Europese Commissie veeleer een stappenplan en diverse deelvaardigheden binnen onderzoek belicht.

Minner et al.¹⁷¹ geven dan weer aan dat onderzoek verwijst naar ten minste drie verschillende categorieën van activiteiten: wat wetenschappers doen, hoe leerlingen leren en de pedagogische aanpak die leraren gebruiken. Minner et al. bekijken onderzoek veel sterker vanuit een leercontext. Ook Alberts¹⁷³ vertrekt vanuit de positie van de lerende. Onderzoek is voor hem, als wetenschapper, deels een ingesteldheid en deels een vaardigheid die geleerd moet worden door ervaring. 'Ingesteldheid' omschrijft hij als nieuwsgierig zijn, de nieuwsgierigheid hebben om 'Waarom?' en 'Hoe?' te vragen. Het goede nieuws daarbij is dat jonge kinderen van nature uit nieuwsgierig zijn. Alberts constateert echter dat deze nieuwsgierigheid en de natuurlijke drang om te exploreren en te onderzoeken verdwijnen in de loop van hun schoolloopbaan. Voor hem ligt de uitdaging er daarom in om een educatief systeem te creëren dat de natuurlijke nieuwsgierigheid van kinderen uitbaat, zodat ze hun motivatie voor het leren behouden, niet alleen tijdens hun schooljaren maar eveneens gedurende hun hele verdere leven. Voor hem is het belangrijk een curriculum te ontwikkelen dat berust op degelijk leerling- en klasonderzoek, dat zijn ingang kent in het kleuteronderwijs en in moeilijkheidsgraad stijgt doorheen de opeenvolgende schooljaren. Een dergelijk curriculum beklemtoont het belang van onderzoek en niet het louter memoriseren en kunnen oproepen van feiten. Het belang van een onderzoekende houding wordt eveneens benadrukt door Harlen die stelt dat het stimuleren en ontwikkelen van een onderzoekende houding en bijhorende vaardigheden essentieel zijn in de opvoeding van kinderen en jongeren wil men hen voorbereiden op een steeds veranderende maatschappij⁹⁷. In wat volgt onderbouwen we het standpunt van Alberts en Harlen. In onderwijs is het belangrijk om een onderzoekende houding te stimuleren en leerlingen kansen te bieden om hun natuurlijke nieuwsgierigheid te behouden.

In dit hoofdstuk willen we dus kijken hoe leerling- en klasonderzoek in onderwijs concreet een plek kunnen krijgen. Dergelijk onderzoek kan verschillende vormen aannemen¹⁷⁴, afhankelijk van de klascontext, de leeftijd van de leerlingen, de discipline en de ervaring van leraar en leerlingen. In dit deel komen verschillende van deze vormen of aanpakken aan bod. Naast het op onderzoek gebaseerde onderwijs, bestaan er bovendien nog andere aanpakken die gebaseerd zijn op constructivisme en die de leerling dus zien als actief agens in de persoonlijke constructie van nieuwe kennis. We denken hierbij onder andere aan ontdekkend leren en probleemoplossend leren²⁴³. Het is vaak niet zo makkelijk om een onderscheid te maken tussen deze verschillende aanpakken⁷⁷. In deze review gaan we dieper in op zowel de onderzoekende aanpak (dit onderdeel) als het probleemoplossende denken (zie Hoe? 3.7. (Probleemoplossend) denken). Het ontdekkende leren wordt slechts summier behandeld in dit hoofdstuk.

We willen echter vooraf enkele kanttekeningen maken bij onderzoek in onderwijs. Vooraleer je onderzoek in jouw lessen invoert, denk je best eens goed na. Zoals Fisher zegt¹⁷⁴ (p.262): "Als je gelooft dat het je verantwoordelijkheid is om zoveel mogelijk feiten over te brengen op je leerlingen in een zo kort mogelijke tijd, dan is een onderzoekende onderwijsaanpak wellicht niets voor jou." Bovendien geef je best niet alles op een onderzoekende manier. Zoals Harlen⁹⁶ (p.6) zegt: "Sommige zaken, zoals conventies, namen, en basisvaardigheden voor gebruik van instrumenten, worden efficiënter gegeven onder de vorm van directe instructie". Voor Harlen is het vooral belangrijk dat een onderzoekende aanpak wordt gebruikt wanneer leraren als doel hebben bij leerlingen steeds sterkere inzichten in ideeën of concepten te ontwikkelen. De nood aan een onderzoekende aanpak in onderwijs is gebaseerd op

het geloof dat het belangrijk is dat leerlingen echt verstaan wat ze leren, dat ze zelf hun concepten opbouwen of heropbouwen (wat Harlen dus omschreef als 'inzichten verwerven') en dat ze niet zomaar inhoud en informatie herhalen²⁸⁴.

Het is tevens belangrijk te beseffen dat onderzoek binnen wetenschapsonderwijs anders is dan onderzoek in andere domeinen. Onderzoek binnen wetenschapsonderwijs omvat naast vaardigheden zoals het verzamelen en interpreteren van resultaten, de ontwikkeling van modellen over hoe de fysische wereld in elkaar zit⁹⁶. Verder blijkt het omschrijven van onderzoek binnen onderwijs moeilijk te zijn door de verscheidenheid binnen verschillende disciplines. Ook al is het mogelijk om binnen verschillende disciplines op een onderzoekende manier te werken, toch stellen we vast dat de meeste studies onderzoekende aanpakken beschrijven in het domein wetenschap, met een duidelijke voorkeur voor fysica, al dan niet met verwijzingen naar techniek. Aanpakken die beschreven worden voor lager onderwijs situeren zich in het domein natuur.

3.2.2. Wat verstaan we onder een onderzoekende aanpak en waarom zou je deze toepassen?

Wat is een onderzoekende aanpak?

Uit de geraadpleegde literatuur blijkt dat dé definitie van een onderzoekende onderwijsaanpak niet bestaat. Voor Alberts¹⁷³ houdt een onderzoekende aanpak wel minstens in dat aan leerlingen de kans wordt gegeven om een probleem, dat eerder al opgelost werd door een wetenschappelijke ontdekking, te conceptualiseren en dat ze vervolgens worden aangezet om te worstelen met mogelijke verklaringen alvorens hen uiteindelijk het antwoord wordt aangereikt. Hij illustreert dit met een voorbeeld uit eigen praktijk.



Leerlingen moeten de kans krijgen om een probleem te conceptualiseren en te worstelen met mogelijke verklaringen:

Het membraan dat elke cel omgeeft moet de eigenschap hebben van selectieve permeabiliteit: het membraan moet voedingsstoffen zoals suikers laten instromen en afvalstoffen zoals koolstofdioxide laten uitstromen. De vele grote moleculen die de cel vormen, moeten echter binnenin worden gehouden. Uit wat voor materiaal is een dergelijk membraan gemaakt, die bovendien nog kan uitrekken als de cel groeit zonder te lekken? Alleen als leerlingen eerst uitgedaagd worden om een tijdje met dit probleem te worstelen, zullen ze in staat zijn om plezier te beleven aan de illustratie van en uitleg over het natuurlijke mechanisme dat de cel omsluit ¹⁷³.

Schraw et al.²¹⁶ benadrukken het belang van een authentieke onderzoekende aanpak. Ze verwijzen naar de studie van Chinn en Malhotra²¹⁶ waarin een onderscheid wordt gemaakt tussen simpele onderzoeks-

activiteiten en authentiek onderzoek. Volgens Chinn en Malhotra houdt simpel onderzoek onder andere in: het geven van onderzoeksvragen in plaats van deze te laten genereren door leerlingen; het niet aanwezig zijn van een experimentele controle; het formuleren van simpele argumenten en besluiten. Authentiek onderzoek daarentegen daagt kinderen en jongeren uit om zelf vragen te formuleren, om te komen tot verdiepende argumenten en besluiten. Volgens Schraw et al. bevordert alleen een authentiek onderzoekende aanpak de actieve reflectie over een probleem en de opbouw van een conceptueel inzicht in dit probleem. Leerlingen zijn dan eveneens beter in staat om hun eigen leren te controleren en fouten of gaten in hun denkwijzen of opvattingen te evalueren.

Minner et al.¹⁷¹ gebruiken een eigen raamwerk om aan te geven of van een onderzoekende aanpak sprake is of niet. Het raamwerk werd ontwikkeld voor onderzoekende aanpakken binnen wetenschap. Een onderzoekende aanpak wordt gekarakteriseerd door de aanwezigheid van drie aspecten: 1) de aanwezigheid van inhoud (wetenschappen); 2) de betrokkenheid van de leerling op de inhoud; 3) de verantwoordelijkheid van de leerling voor leren, het actief denken van leerlingen, de betrokkenheid in de onderzoekscyclus of een onderdeel ervan. In dit hoofdstuk gaan we dieper op dit raamwerk in. Uit het bovenstaande blijkt dat we onderzoekende aanpakken op basis van hun kenmerken verder kunnen classificeren. Laten we eens kijken hoe we classificaties kunnen opstellen. Het laatste Eurydice-rapport⁷⁹ over wetenschapsonderwijs in Europa verwijst naar het model van Bell et al.²¹ om verschillende onderwijsaanpakken op te delen. Bell maakt een onderscheid tussen 'bevestigend onderzoek', 'gestuurd onderzoek', 'begeleid onderzoek', en 'open onderzoek' (zie kader) Echter, volgens het raamwerk van Minner et al.¹⁷¹ zijn bevestigend en gestuurd onderzoek géén onderzoekende aanpakken omdat ze teveel uitgaan van de leraar en te weinig de leerling zelf 'ownership' laten nemen van het eigen leren.



Bevestigend onderzoek: De onderzoeksvraag en de procedure wordt aan de leerlingen gegeven, en de verwachte resultaten zijn vooraf gekend.

Gestuurd onderzoek: De leerlingen onderzoeken een vraag die door de leraar gegeven is volgens een voorgeschreven procedure.

Begeleid onderzoek: De leerlingen krijgen een vraag van de leraar maar kiezen zelf de methodes en dus ook de oplossingen voor het onderzoek. Dit betekent dat de leerlingen zelf het onderzoek moeten ontwerpen op basis van een gegeven vraag. De leraar zal wel nagaan of het onderzoek goed is opgezet.

Open onderzoek: De leerlingen formuleren zelf een onderzoeksvraag, ze staan in voor het onderzoeksontwerp en de oplossingen. Bij open onderzoek is er een minimale begeleiding van de leraar²¹.

3.7. Hoe (probleemoplossend) denken in de klas stimuleren?

Logica brengt je van A naar B. Verbeelding brengt je overal. Albert Einstein

Nieuwsgierigheid naar alle aspecten van het leven is, denk ik, het geheim van alle grote creatieve geesten. - Leo Burnett

Wat is denken en hoe kan denken bevorderd worden? Van Velzen²⁵⁸ maakt onderscheid tussen vijf denkvaardigheden: logisch denken (redeneerproblemen), onderzoekend denken, creatief denken, kritisch denken en beslissend denken.



Van Velzen²⁵⁸ omschrijft vijf vormen van denken²⁵⁸ (p.55):

"Bij **redeneerproblemen** is er sprake van logisch afleiden van informatie. Redeneerproblemen zijn eenvoudig op te lossen door redeneerstrategieën te gebruiken;

Bij **onderzoekend denken** gaat het om vinden van mogelijkheden die vervolgens worden uitgetoetst: redeneren om voorspellingen (hypothesen) te bedenken en om observaties te verklaren, om deze vervolgens te toetsen;

Bij **creatief denken** gaat het om alternatieven: redeneren om iets nieuws of iets enigszins anders te bedenken;

Bij **kritisch denken** gaat het om een zorgvuldige afweging: redeneren zodat een weldoordachte conclusie wordt verkregen;

Bij **beslissend denken** gaat het om het maken van een keuze: redeneren waarbij een persoonlijke afweging wordt gemaakt."

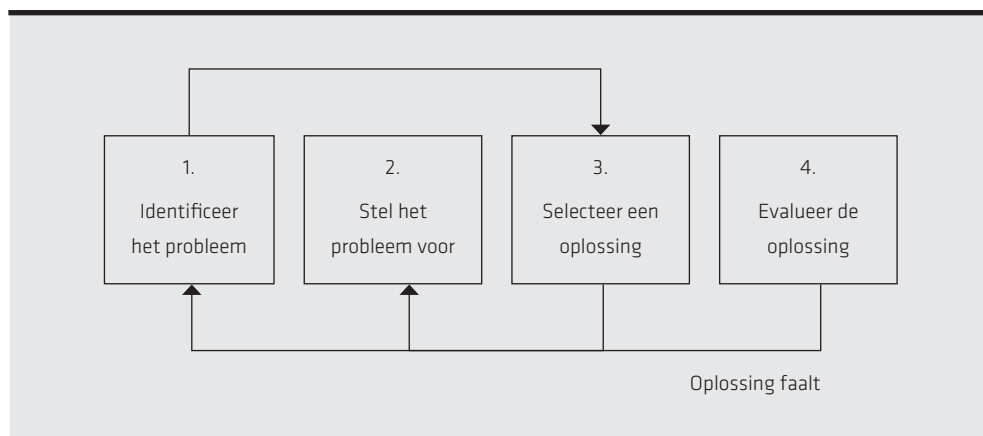
Het is niet onze bedoeling om een theoretische achtergrond aan te bieden over de verschillen en gelijkenissen tussen de verschillende manieren van denken. In dit hoofdstuk zullen we voornamelijk ingaan op concrete werkwijzen die hun nut bewezen hebben bij het bevorderen van deze denkprocessen en die toegepast kunnen worden in de klas.

Eerst zullen we enkele algemeen probleemoplossende denkprocedures (heuristieken) en algemene aspecten in verband met probleemgestuurd onderwijs bespreken (zie Hoe? 3.9. Zelfregulerend leren). Gezien er in recente literatuur veel aandacht is voor creatief denken en kritisch denken, zullen we vervolgens een groot deel van dit hoofdstuk daaraan wijden. Onderzoekend denken wordt aangepakt in de paragraaf Hoe? 3.2. Onderzoekende aanpak.

3.7.1. Hoe probleemoplossend denken?

Algemeen probleemoplossende denkprocedures

Probleemoplossende vaardigheden kunnen ondersteund worden wanneer men als lerende bepaalde algoritmes/strategieën volgt²⁵⁸. Figuur 3 toont zo een strategie: het probleem identificeren, het probleem voorstellen, een oplossing kiezen en de oplossing evalueren⁶⁴. Soms is het niet nodig om gedetailleerde oplossingsstrategieën te zoeken (stap 2). Indien de leerling voldoende kennis heeft, kan hij deze stap overslaan. De figuur toont ook een aantal terugkoppelingsmogelijkheden indien de oplossing niet voldoet. De leerling moet zich dan het probleem op een andere manier proberen voorstellen of een nieuwe oplossingsstrategie kiezen. Onderzoek toont aan dat leerlingen veel baat hebben bij het aanleren van probleemoplossende strategieën²¹⁶. Een algemene leerstrategie zoals in Figuur 3 wordt het best aangeleerd via het concreet oplossen van problemen in specifieke situaties.²¹⁶



Figuur 3: Algemeen probleemoplossende denkstrategie²¹⁶

Daarnaast kan het zinvol zijn leerlingen bij bepaalde types van problemen een specifieke oplossingsstrategie aan te bieden. Bij wiskundeonderwijs bijvoorbeeld heeft men aangetoond dat rekenzwakke leerlingen geholpen zijn met een specifieke strategie. Daardoor kunnen ze er toch in slagen de oefeningen te abstraheren en op te lossen²⁸⁶.

Onderzoek toont aan dat er ten minste **drie belangrijke voorwaarden** zijn om het oplossen van problemen te verbeteren. Ten eerste moeten leerlingen vakkennis verwerven, het vereist op zich al een aantal strategieën om zich die kennis eigen te maken. Leerlingen kunnen deze vakkennis verwerven door onderwijs te krijgen of via reflectieve praktijk onder begeleiding van een leraar of medeleerling. Een tweede voorwaarde is dat leerlingen bewust worden gemaakt van strategieën om problemen aan te pakken, zoals in Figuur 3 getoond werd²¹⁶ (zie Hoe? 3.9. Zelfregulerend leren). Ten derde dient men gebruik te maken van voorstellingen die de cognitieve belasting verminderen. Deze voorstellingen kunnen tabellen, stroomschema's, diagrammen, tijdlijnen... zijn. Het is van belang dat de leerlingen de hoeveelheid informatie die zij in het geheugen moeten houden (en verwerken) minimaliseren door het te vertalen naar een model. Deze probleemoplossende technieken blijken bovendien metacognitie en zelfregulatie te bevorderen²¹⁶ (zie Hoe? 3.9. Zelfregulerend leren). Metacognitie en reflectie maken onlosmakelijk deel uit van de verschillende aspecten van probleemoplossend denken en kunnen er niet los van gezien worden. Onderzoek toont aan dat het expliciete aanleren van probleemoplossende strategieën leerlingen helpt om beter inzicht te krijgen in problemen, dit in vergelijking met leerlingen die deze strategieën niet kregen²¹⁶.

Tijdens een onderzoek in de basisschool in verband met het oplossen van logische problemen werden drie groepen vergeleken: een eerste groep kreeg een training waarin probleemoplossende vaardigheden gecombineerd werden met metacognitieve vaardigheden (zoals: lees het probleem aandachtig, verklaar het probleem en denk aan analoge problemen); aan een tweede groep werden probleemoplossende vaardigheden aangeleerd en een derde groep kreeg geen training. Het bleek dat de eerste groep na de training meer moeilijke problemen oploste dan de andere groepen. Bovendien hadden ze er ook minder tijd voor nodig^{66, 216}.

Probleemgestuurd onderwijs is, naast contextgericht onderwijs⁷⁸, een benadering die vaak wordt gepromoot in Europa. Probleemgestuurd onderwijs richt zich op het verwerven van kennis en vaardigheden door het analyseren en oplossen van authentieke problemen. Het leren wordt vaak georganiseerd in kleine groepen onder leiding van een docent, die optreedt als begeleider en die zichzelf op termijn quasi overbodig maakt (zie Hoe? 3.9. Zelfregulerend leren). Nieuwe informatie wordt verkregen door zelfstudie en de problemen worden gebruikt als middel om de vereiste kennis te verwerven.⁷⁸

Men kan dus besluiten dat het zinvol is om probleemoplossende strategieën expliciet aan bod te laten komen in het onderwijs, bij voorkeur vakoverschrijdend en met aandacht voor het ontwikkelen van metacognitieve vaardigheden.

Probleemoplossend werken in wiskunde

Veel onderzoek naar probleemgestuurd onderwijs en probleemoplossende strategieën houdt verband met wiskundeonderwijs. Daarom besteden we in deze paragraaf expliciet aandacht aan het onderzoek binnen wiskundeonderwijs.

Veel problemen in wiskunde zijn zo geformuleerd dat ze net voldoende informatie bevatten om het probleem op te lossen. Dit is trouwens vaak ook het geval bij natuurwetenschappen. Meer informatie in de opgave brengt leerlingen in de war en bij te weinig informatie wordt het probleem door de leer-

lingen als 'onoplosbaar' geïdentificeerd. Dergelijke probleemstellingen met net voldoende informatie zijn volledig kunstmatige situaties die we alleen maar op school terugvinden. In realiteit worden problemen zelden zo in detail gedefinieerd. Een alternatief voor dergelijke problemen zijn open vragen die meer dan één oplossingswijze hebben. In dat geval kunnen leerlingen het niet leuk vinden dat het probleem niet één 'juiste' oplossingsmethode en oplossing heeft en de gegevens incompleet zijn, maar dergelijke taken geven wel aanleiding tot een onafhankelijke benadering van het probleem, waardoor ze een gevoel van autonomie krijgen²⁴⁸.



Een voorbeeld: Haar groeit zeer langzaam. Vandaag zal tijdens de wiskundeles elk haartje op jouw hoofd een klein beetje gegroeid zijn. Stel je voor dat al deze stukjes naast elkaar zouden geplaatst worden. Wat is de totale lengte dat jouw haar tijdens de les gegroeid is?²⁴⁸

Zelfs bij routinematige problemen zouden leraren meer aandacht moeten besteden aan wiskundige vaardigheden en zouden ze vaker de wiskundige creativiteit en verbeelding moeten aanpreken. Maar hoe doe je dit? Het antwoord ligt opnieuw in het creëren van open vragen (zie tekstvak), waardoor de taak van de leerlingen meer gevarieerd wordt.²⁴⁸



Creëren van open vragen

In plaats van je leerlingen deze bewerkingen te laten uitvoeren $24 \times [(9 + 8) : 2]$. Kan je opdracht anders formuleren: Neem de getallen 24, 9 en 8

- ▶ Gebruik ze om 5 verschillende bewerkingen uit te voeren;
- ▶ Vind drie bewerkingen die een resultaat geven tussen 0 en 10;
- ▶ Vind drie bewerkingen die een resultaat geven tussen 100 en 110;
- ▶ Bedenk rekenproblemen waarbij je haakjes gebruikt.

Maak gebruik van rekenverhalen: leerlingen vinden het vaak moeilijk om problemen in tekstvorm op te lossen, sommigen vinden deze opgaven zelfs 'bedreigend'. Hier kan je op inspelen door leerlingen zelf dergelijke problemen te laten formuleren die aansluiten bij hun leefwereld (zie tekstvak). Daardoor zal de leerling een deel van het 'ontzag' dat hij heeft voor dergelijke problemen verliezen. Bovendien leren ze zo hoe ze op een begrijpelijke manier data in een tekst kunnen verwerken.

[Dit boek is online te koop \(klik hier\)](#)

Praktijkgerichte literatuurstudies onderwijsonderzoek

In deze praktijkgerichte literatuurstudie gaan de auteurs op zoek naar educatieve aanpakken die de interesse, de motivatie, de nieuwsgierigheid en het zelfvertrouwen van meisjes en jongens (8-16 jaar) voor wetenschap, techniek en wiskunde aanwakkeren en die een blijvend effect hebben op hun leerprestaties.

Het boek wil leraren wereldoriëntatie, wetenschappen, wiskunde en techniek inspireren bij hun onderwijspraktijk. De recentste wetenschappelijke inzichten op het gebied van wetenschappen-, wiskunde- en techniekonderwijs worden verrijkt met tal van praktijkvoorbeelden die bruikbaar zijn in de concrete klaspraktijk. De studie is ook bruikbaar voor directies, pedagogische begeleiders en onderwijsonderzoekers.

Het boek behandelt vier kernvragen:

- ▶ *Wat wil je bereiken met wetenschaps-, wiskunde- en techniekonderwijs?*
- ▶ *Hoe kun je wetenschap, wiskunde en techniekonderwijs vorm geven in de klas?*
- ▶ *Welke invloed hebben persoonlijke kenmerken zoals gender, het prestatieniveau en de leerstijl van de leerling op de interesse en motivatie voor wetenschap, wiskunde en techniek?*
- ▶ *Ten slotte: Wat is de rol van de leraar in dit alles?*

Hilde Van Houte doceert onderzoeksvaardigheden en 'Kinderen onderzoeken en ontdekken' aan de opleiding Bachelor in onderwijs: kleuteronderwijs aan de Arteveldehogeschool. Ze is er tevens promotor van QUEST, het onderzoekscentrum dat een onderzoekende houding wil stimuleren en onderhouden bij kinderen en jongeren.

Bea Merckx is docent biologie aan de Arteveldehogeschool bij de Bachelor in onderwijs: lager onderwijs en secundair onderwijs en is betrokken bij meerdere onderzoeks- en nascholingsprojecten.

Jan De Lange is docent fysica bij de Bachelor in onderwijs: secundair onderwijs aan de Arteveldehogeschool en werkte mee aan tal van onderzoeks-, dienstverlenings-, en internationale projecten specifiek wetenschapsonderwijs.

Melissa De Bruyker is docent Engels bij de Bachelor in onderwijs: secundair onderwijs van de Arteveldehogeschool. Daarnaast legt zij zich toe op competentiegerichte werk- en evaluatievormen (o.a. via het nascholingsproject Clever).

Karen De Maesschalck (Arteveldehogeschool), **Jozefien Schaffler** (Arteveldehogeschool) en **Jouri Van Landeghem** (Hogeschool Gent) hielpen mee met het opbouwen van de literatuurdatabank. Het Expertisenetwerk Lerarenopleiding van de AUGent, de expertengroep en de toetsgroep bij dit project leverden een kritische en onderbouwende bijdrage aan deze publicatie.

Met steun van de
Vlaamse overheid



VLOR | vlaamse
onderwijsraad


arteveldehogeschool
an hannah hogeschool voor wetenschappen



9 789033 491955