

The background is a solid blue color with a pattern of white dots of varying sizes. The dots are scattered across the entire page, with some being larger and more prominent than others. The overall effect is a textured, starry, or polka-dot-like appearance.

*Peter Dekkers, Koos Kortland, Nienke Nieveen, Jos Paus, Maarten Pieters,
Hans Poorthuis, Lesley de Putter.*



Hoofdstuk 8

In ontwikkeling
blijven

8.1 Professionalisering

Inleiding

In de lerarenopleiding heb je een begin gemaakt met je eigen professionalisering, onder andere aan de hand van het handboek. Bij alle onderdelen van het handboek is verbreding en verdieping mogelijk, bijvoorbeeld via de website bij dit handboek. Dat gaat verder als je eenmaal op school aan het werk bent, door contact met je (vak)collega's en de technisch onderwijsassistent (TOA). Buiten die school zijn er in binnen- en buitenland collega's en andere professionals die verschillende alternatieve, verbeterde en/of vernieuwende benaderingen van hun

natuurkundeonderwijs bedenken, tot (voorbeeld)lesmateriaal uitwerken en de uitvoering daarvan in de lespraktijk onderzoeken, en vervolgens daarover op conferenties en in tijdschriften publiceren. Ten slotte kan er sprake zijn van zodanige veranderingen in de onderwijsaanpak op schoolniveau en van vernieuwing van de landelijke examenprogramma's, dat (na)scholing nodig is. In deze paragraaf gaan we in op de mogelijkheden voor verdere professionalisering binnen en buiten de school.

De sectie

Verdere professionalisering begint op de school waar je komt te werken binnen de eigen (vak)sectie: de collega's en de TOA.

Vakcollega's – Als nieuwe docent start je niet blanco. Er is al een sectie met haar eigen tradities wat betreft de opzet en aanpak van de theorielessen, het practicum, de toetsing enzovoort. De leerlingen zijn gewend aan die gang van zaken en de hele organisatie is erop afgestemd. In het ideale geval heeft de sectie een gemeenschappelijke visie en sluit die aan bij jouw visie. Je past dan mooi in het al klaarliggende patroon. Zo is het vaak niet.

Meestal zullen jouw ideeën niet zo precies passen bij die van de sectie. Jij wilt bijvoorbeeld graag een meer open onderzoek, en zij vinden dat de leerlingen dan niet genoeg leren of dat het dan een rommeltje wordt. Een nieuw lid van de sectie, ervaren of niet, kan er verstandig aan doen zich in het begin aan te passen en later te bezien of de koers verlegd kan worden. Andersom kan ook: de sectie werkt met zeer open practica, en jij wilt dat niet of je vindt dat je dat nog niet aankunt. In het laatste geval kun je het probleem met de sectie bespreken en om extra hulp vragen. Het is dan niet een probleem van jou als nieuwe leraar, maar een probleem van de sectie in zijn geheel.

Er kan sprake zijn van een 'los-zand-sectie' waarin niet (meer) gestreefd wordt naar een sterke samenwerking. De leraren hebben elk hun eigen visie en werken alleen daar samen waar dat naar hun mening echt nodig is, zoals bij de voorziening van practicummaterialen of bij de formulering van de regels voor het profielwerkstuk. Bij een 'los-zand-sectie' kun je je eigen gang gaan, maar hoeft je niet op veel ondersteuning te rekenen. Zo'n sectie bestaat soms uit subgroepen die om de macht strijden of die een wapenstilstand gesloten hebben. In het eerste geval lijkt het verstandig wat buiten het strijdgewoel te blijven. In het tweede geval kun je je (voorzichtig) aansluiten bij een verwante collega en hem of haar je problemen voorleggen.

Professionaliseringsactiviteiten

- Stel je collega's vragen over de vakinhoud, met name rond vragen en opmerkingen van leerlingen waarop je niet zo direct een antwoord weet.
- Vraag je collega's commentaar op je planning van lessen en lessenseries.
- Vraag je collega's om (enkele van) jouw lessen te observeren en feedback te geven op jouw uitvoering daarvan. En vraag collega's of je (enkele van) hun lessen ook eens mag observeren.
- Bekijk bij een onderwerp ook eens andere (zo mogelijk ook buitenlandse) leerboeken dan het leerboek dat op je school wordt gebruikt, en ga na wat je daarvan zinvol kunt gebruiken in je eigen lessen.
- Als je wat meer ervaring hebt opgedaan: bied jezelf (via de schoolopleider, als je school zo'n functionaris heeft) bij een lerarenopleiding aan als werkplekbegeleider om stagiairs te begeleiden. Dat dwingt je tot het expliciteren van je eigen ideeën over wat je doet, hoe je dat doet en waarom je dat zo doet. En aan de andere kant: leraren-in-opleiding kunnen nieuwe ideeën met zich meebrengen.

Figuur 8.2.a Een overzicht van mogelijke professionaliseringsactiviteiten binnen de school.

Een ander mooi moment voor professionalisering op school is bij de methodekeuze (paragraaf 2.3). De keuze van een 'methode' – en dat is meer dan een leerboek – door de natuurkunde- of bètasectie is namelijk een goed moment om de visie op en de praktijkervaringen met het vormgeven en uitvoeren van het vakonderwijs te evalueren en zo nodig bij te stellen, en daar dan de meest geschikte natuurkundemethode bij te kiezen.

In een wat later stadium kun je de verdere professionalisering vorm geven door een inzet bij vakken als Natuur, Leven en Technologie, Onderzoek en Ontwerpen en Algemene Natuurwetenschappen (zie paragraaf 7.4), als de school een of meer van deze vakken aanbiedt. Je kunt ook denken aan verdere professionalisering buiten je eigen vakgebied op gebieden als management, zorg en medezeggenschap.

Technisch onderwijsassistent – Op elke havo/vwo-school zijn technisch onderwijsassistenten (TOA's) aanwezig, met als taken onder andere het onderhoud van de apparatuur, het inkopen van gebruiksmaterialen, het maken van opstellingen voor nieuwe proeven, het organiseren van practicummaterialen en het klaarzetten van demonstratieproeven. Op grotere scholen hebben zij de taken vaak zo verdeeld dat elk exact vak een eigen TOA heeft. De verhouding tussen TOA en natuurkundeleraar is kwetsbaar. Formeel is de leraar de opdrachtgever van de TOA en is de relatie een hiërarchische. De sterke onderlinge afhankelijkheid, samenwerken is immers noodzakelijk, roept echter een gelijkwaardige

verhouding op. Het verschil tussen de formele en de dagelijkse relatie kan een bron van conflicten zijn.

Voor een beginnend leraar kan de TOA een grote steun zijn. De TOA kent de gang van zaken en kan je vaak van advies dienen. De mate waarin TOA's bij practica aanwezig zijn varieert sterk per school. Op de meeste scholen assisteren zij bij onderbouwpractica. Hun rol bij practica en demonstratie-experimenten in de bovenbouw is heel verschillend geregeld. Hoe het ook zij: je kunt als beginnend leraar altijd om extra assistentie vragen. De sectie vindt dat in de meeste gevallen redelijk, en de aanwezigheid van de TOA kan je taak aanzienlijk verlichten. Het is wel nodig om je plannen vooraf met de TOA te bespreken en aandacht te hebben voor diens commentaar. Geef bijvoorbeeld bijtijds wekelijks je practicumplannen aan de TOA door, zodat deze zich daarop kan voorbereiden en de benodigde spullen bij elkaar kan zoeken. Het is verstandig om een taakverdeling tijdens de practicumles af te spreken. Zo kan bijvoorbeeld de TOA de technische problemen en de materiaalvoorziening op zich nemen. De leraar heeft dan meer ruimte voor de begeleiding van leerlingen. Overigens vinden niet alle TOA's een dergelijke taakbeperking prettig, dus wees daar voorzichtig mee.

De mening van de leraar en die van de TOA over de gewenste gang van zaken kan soms behoorlijk uiteenlopen. Zo kan de leraar uit didactische overwegingen voor een open vorm van onderzoek kiezen, en is de TOA daar niet voor omdat deze dan naar zijn gevoel de controle over het gebruik van de materialen verliest. Het is belangrijk voor een TOA dat deze ziet dat jij van leerlingen eist dat ze zorgvuldig met het practicummateriaal omgaan. Daarnaast kan de TOA bijvoorbeeld op een heel andere manier omgaan met vragen van leerlingen dan de leraar wenselijk vindt. Jij vindt dat ze het zelf moeten uitzoeken en geeft antwoord met een wedervraag, en de TOA geeft iedereen direct het juiste antwoord. In zulke situaties is overleg en compromisbereidheid nodig om de situatie bevredigend op te lossen en de zo belangrijke werkrelatie in stand te houden.

Professionele organisaties

Een tweede mogelijkheid voor verdere professionalisering is het gebruik maken van de kennis en ervaring van vakcollega's in bredere zin, zowel nationaal als internationaal. Er is een groot aantal professionele organisaties die de natuurkundeleraar door middel van websites, conferenties en tijdschriften kunnen helpen met het bijblijven op het vakgebied wat betreft manieren van lesgeven, planning en organisatie en wat betreft kennis van wetenschappelijke ontwikkelingen.

Verenigingen en instituten – Een groot aantal verenigingen en instituten biedt mogelijkheden voor verdere professionalisering, zowel wat betreft onderwijs in

het algemeen of meer gericht op de bètavakken of zelfs specifiek gericht op het vak natuurkunde.

- De *Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen* (NVON) is de beroepsvereniging voor bètadocenten. Het primaire doel is om service te verlenen aan leraren en TOA's via de website (met onder andere alle examens voor de natuurwetenschappelijke vakken vanaf de jaren 70 van de vorige eeuw), de uitgave van het maandblad *NVOX* (met onder andere vakdidactische artikelen en verenigingsnieuws), nieuwsbrieven en het jaarlijkse NVON-congres. De NVON organiseert ook de examenbesprekingen, die voor leraren vaak goede informatie geven over het nakijken van de examens en de normering. Via een lidmaatschap van de NVON ben je meteen lid van een onderwijs vakbond.
- De *Werkgroep Natuurkunde Didaktiek* (WND) organiseert de jaarlijkse WND-conferentie: een nascholingsconferentie met zo'n 600 collega's rond een jaarlijks wisselend vakinhoudelijk en/of vakdidactisch thema.
- De website van *Natuurkunde.nl* is vooral gericht op leerlingen in de onder- en bovenbouw van vmbo-t, havo en vwo met onder andere opgaven, bijlessen, verdieping bij natuurkundige concepten, hulp bij praktische opdrachten en profielwerkstukken. Voor leraren staan er verwijzingen naar lesmateriaal en/of ideeën voor in de klas op. Daarnaast vind je hier de opgaven van *Exactueel* die gebaseerd zijn op artikelen in kranten en tijdschriften, die in te zetten zijn als oefenmateriaal, voor het op gang brengen van een discussie in de les of als bron voor toets- en schoolexamenvragen.
- De regionale *Bètasteunpunten* zijn docetennetwerken rondom universiteiten en hogescholen in Nederland, waarin docenten uit het voortgezet en hoger onderwijs in teams intensief samenwerken bij de ontwikkeling en uitvoering van nieuw bètaonderwijs. Zij werken landelijk samen in de *vo-ho-netwerken*. De steunpunten bieden informatie over en ondersteuning bij onderwijsvernieuwingen op het gebied van de bètavakken (waaronder het vak NLT) en organiseren nascholings- en netwerkactiviteiten. In sommige regio's zijn er specifiek op natuurkunde gerichte steunpunten. Het project *natk4all* heeft voor aanstaande en zittende leraren een aanbod van vakinhoudelijke cursussen over alle onderwerpen die in de examenprogramma's natuurkunde voorkomen (zie paragraaf 7.6).
- De website van *NemoKennislink* brengt niet alleen op een heldere manier recent nieuws uit de wetenschap, maar gaat ook dieper op onderwerpen in via vakoverstijgende dossiers. Daarin worden thema's vanuit verschillende wetenschappelijke invalshoeken belicht.
- Het *Landelijk expertisebureau meisjes/vrouwen en bèta/techniek* (VHTO) zet zich in om de participatie van meisjes en vrouwen in bèta, techniek en ICT te vergroten door activiteiten te organiseren met onderwijsinstellingen, bedrijven en de

overheid, en richt zich daarbij op de hele keten van basisonderwijs, voortgezet onderwijs, middelbaar beroepsonderwijs en hoger onderwijs tot en met de arbeidsmarkt.

- De *Stichting voor Leerplanontwikkeling* (SLO) heeft als nationaal expertisecentrum voor curriculumontwikkeling een taakstelling in de driehoek beleid, praktijk en wetenschap. Het werk van SLO kenmerkt zich door een wisselwerking tussen diverse niveaus van leerplanontwikkeling (stelsel, school, klas, leerling), met een streven naar (zowel longitudinale als horizontale) inhoudelijke samenhang in het primair onderwijs, speciaal onderwijs, voortgezet onderwijs en beroepsonderwijs voor alle vakgebieden. Op het SLO-leer-middelenplein staat een overzicht van alle leermiddelen.
- Het *Centraal Instituut voor Toetsontwikkeling* (Cito) wordt internationaal erkend als expert in het ontwikkelen en afnemen van examens en toetsen. Het pakket diensten en producten voor de onderwijs- en beroepspraktijk is breed en richt zich op moderne toetsvormen en volgsystemen. Het Cito verzorgt trainingen en advieswerk en onderzoekt de kwaliteit van het onderwijs.
- De *Nederlandse Natuurkundige Vereniging* (NNV) is de belangenbehartiger van de discipline natuurkunde in het voortgezet onderwijs, het hoger onderwijs en het natuurwetenschappelijk onderzoek in Nederland. De NNV organiseert symposia, is betrokken bij de vernieuwing van het bètaonderwijs in Nederland en ondersteunt *outreach*-activiteiten, met specifieke acties gericht op leerlingen op de basisschool en in het voortgezet onderwijs. De vereniging is initiatiefnemer van de website *Natuurkunde.nl* en uitgever van het *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde* (NTvN).
- De landelijke *Pedagogische Centra* werken met adviezen, trainingen, coaching conferenties, innovatieprojecten, praktijkgericht onderzoek en publicaties aan onderwijsvormgeving en schoolontwikkeling.
- De website van (voorheen) ECENT gehost door het Freudenthal instituut op <https://elbd.sites.uuu.nl/> biedt hulp aan lerarenopleiders in het uitwisselen van praktijkervaringen, opleidingsplannen en onderzoeksresultaten, en is daarmee ook een steun voor leraren en leraren-in-opleiding bij hun professionele ontwikkeling.

Conferenties – Voor natuurkunde onderwijs conferenties kan er natuurlijk over de grens worden gekeken.

- De jaarlijkse conferenties van de Engelse ASE, de Duitse MNU en de Belgische VeLeWe – de zusterorganisaties van de NVON – zijn voor leraren een interessante inspiratiebron voor de (eigen) lespraktijk. Deze conferenties bieden ook de mogelijkheid voor een oriëntatie op buitenlandse leerboeken en innovatieprojecten.

- Voor leraren met speciale belangstelling voor vakdidactisch onderzoek kunnen de conferenties van ESERA, GIREP en IOSTE worden genoemd. De onderzoekspresentaties op deze conferenties zijn vooral gericht op vakdidactisch onderzoekers, lerarenopleiders en onderwijsontwikkelaars, en vragen over het algemeen een behoorlijke vertaalslag naar de (eigen) lespraktijk.

Tijdschriften – Naast het hierboven al genoemde maandblad *NVOX* van de NVON en het *NTvN* van de NNV is er sprake van een grote verzameling buitenlandse nationale en internationale tijdschriften.

- Op de lespraktijk gerichte tijdschriften zijn bijvoorbeeld *Physics Education* (Institute of Physics, UK) en *The Physics Teacher* (American Association of Physics Teachers, VS).
- Op vakdidactisch onderzoek gerichte tijdschriften zijn bijvoorbeeld het *International Journal of Science Education*, *International Journal of Science Teaching*, *Science Education*, *Research in Science education*, *Research in Science and Technology Education*, *School Science Review* en *Science & Education*. De uitgave van het Nederlandstalige *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen* (TD β) is inmiddels beëindigd.

Professionaliseringsactiviteiten

- Wordt op zijn minst lid van de NVON en lees het maandblad *NVOX*. Daardoor word je vaak attent gemaakt op de voor het bètaonderwijs interessante activiteiten van de andere in deze paragraaf genoemde verenigingen en instituten.
- Maak waar nodig gebruik van de door verenigingen en (opleidings) instituten aangeboden vakinhoudelijke en/of vakdidactische nascholing, waaronder deelname aan de jaarlijkse WND-conferentie. Een overzicht van het aanbod staat jaarlijks in het juni-nummer van *NVOX*.
- Blijf op de hoogte van wetenschappelijke ontwikkelingen in je vakgebied door het lezen van de wetenschapsbijlagen in kranten en tijdschriften als *New Scientist* en het *NTvN* (en zo mogelijk ook *Science* en *Scientific American*).
- Blijf op de hoogte van mogelijk bruikbare ideeën voor de lespraktijk door het (al dan niet scannend) lezen van tijdschriften als *Physics Education* en *The Physics Teacher*.
- Bezoek Nederlandse wetenschapsmusea en planetaria (en doe dat ook in het buitenland als je er toch met vakantie bent).

Figuur 8.2.b Een overzicht van mogelijke professionaliseringsactiviteiten buiten de school.

Dit grote aanbod aan verenigingen en instituten, websites, conferenties en tijdschriften – en het bovenstaande is slechts een greep daaruit – is een hulpmiddel voor verdere professionalisering en het vormgeven van de (eigen) lespraktijk. Laat je daardoor in het begin niet onmiddellijk overspoelen: maak een verstandige, beperkte keuze uit het aanbod. Daarna is het de vraag hoe je de opgedane ideeën kunt gebruiken voor het ontwerpen van lesactiviteiten, lessen en lessenseries en voor het onderzoeken van de effecten en de effectiviteit daarvan. Deze twee vervolgstappen komen in de paragrafen 7.4 en 7.5 aan de orde. Daarop vooruitlopend: dat kun je in je eentje doen, of met de sectie, of in een docentenontwikkelteam (DOT). Een DOT is een team van leraren, nadrukkelijk bedoeld als leeromgeving, die samenwerken aan een of meerdere ontwerptaken onder leiding van een vakinhoudelijke expert van buiten de eigen school. De kernactiviteit van zo'n team is het ontwikkelen, aanpassen en/of testen en evalueren van curriculummaterialen voor de eigen schoolpraktijk (Stoop & Van Bergen, 2016). Tenslotte moet hier ook nog de mogelijkheid worden genoemd om, naast het ontwikkelen van het eigen onderwijs en het lesgeven op de eigen school, een promotieonderzoek te starten binnen de daarvoor speciaal voor leraren bestaande programma's (zie paragraaf 7.6).

8.2 Vakdidactisch ontwerpen

Inleiding

Bij het voorbereiden en uitvoeren van lessen is voor nogal wat natuurkundeleraren vaak het leerboek richtinggevend. Daarbij 'leggen zij zich neer' bij de keuzes die het auteursteam en de uitgever gemaakt hebben, mede op grond van het werk van bijvoorbeeld de leerplanontwikkelaars van de SLO, de toetsontwikkelaars van het Cito en vakdidactisch onderzoekers. Als je zelf keuzes gaat maken en je niet (altijd) laat leiden door de in het leerboek gemaakte keuzes, ben je bezig met vakdidactisch ontwerpen – hetzij individueel, hetzij met collega's uit de sectie, hetzij met collega's van andere scholen in een DOT (zie paragraaf 8.2). Er zijn er veel uiteenlopende keuzes mogelijk voor het vormgeven van lessen: verschillende concept-contextbenaderingen, verschillende vormen van practicum, verschillende manieren en leerlijnen om te werken aan de begrips- en vaardigheidsontwikkeling van leerlingen, enzovoort.

In deze paragraaf laten we zien dat het bij vakdidactisch ontwerpen kan gaan om het ontwerpen van *aanvullingen* op het leerboek of om het ontwerpen van *alternatieven* voor het leerboek. In het geval van aanvullingen gaan we in dit hoofdstuk eerst in op het ontwerpen van aanvullende onderwijsleeractiviteiten voor (een deel van) een les. De omvang van het ontwerp is dan beperkt en het ontwerp is relatief gemakkelijk inpasbaar. Bij aanvullingen laten we in dit hoofdstuk

zien dat het kan gaan om het ontwerpen van lessen aanvullend op (een hoofdstuk van) het gebruikte leerboek met een aanvullende didactische benadering, zoals onderzoekend of probleem-georiënteerd leren. Dit is een meer omvangrijke ingreep en dan zul je rekening moeten houden met de aansluiting tussen je ontwerp en het leerboek, wat soms wringt. Ten slotte laten we in dit hoofdstuk zien dat het in het geval van het ontwerpen van alternatieven voor het leerboek kan gaan om het ontwerpen van lessen met een andere didactische benadering (zoals een concept-context benadering met een 'centrale context'). Bij het ontwerpen van alternatief materiaal heb je meer vrijheid, maar over het algemeen ook meer ontwikkeltijd nodig. Voordat we ingaan op deze drie vormen van vakdidactisch ontwerpen, staan we kort stil bij de ontwerpcyclus.

Ontwerpcyclus

Bij vakdidactisch ontwerpen van eigen lesmateriaal is sprake van een zekere mate van analogie met de ontwerpcyclus bij 'ontwerpen' (zie paragraaf 6.4), verschil is dat je nu zelf de opdrachtgever en de ontwerper bent en de *ontwerp-opdracht* formuleert naar aanleiding van een geconstateerd probleem. Binnen een regio of project kan de opdracht door een ander gegeven zijn. Het figuur 6.4.c uit hoofdstuk 6 kan je helpen om de stappen hieronder te duiden ten opzichte van elkaar. Een creatief model voor het ontwerpen van lessen vind je in het 5E model in paragraaf 3.16.

Programma van eisen opstellen – Het ontwerpen begint met het analyseren van het probleem om te komen tot een (voorlopig) *programma van eisen*. Aan de hand van een zorgvuldig opgesteld (voorlopig) programma van eisen kun je een helder beeld krijgen van de functies die het lesmateriaal moet vervullen, rekening houdend met de randvoorwaarden (zoals groeperingsvorm, beschikbare lestijd, beschikbare ruimte, eindtermen en doelgroep) waarbinnen het materiaal gebruikt gaat worden. Bovendien kun je daarmee – als de eisen concreet en eenduidig zijn geformuleerd, zodat zij meetbaar getest kunnen worden – in elke fase van het ontwerpproces toetsen of je op de goede weg zit.

Een belangrijk onderdeel van het opstellen van het programma van eisen is het bepalen van de *hoofdfunctie* van het lesmateriaal. Zo heeft een opdrachtenblad bij een simulatie bijvoorbeeld als hoofdfunctie om de leerlingen door het werken met de simulatie een begrip aan te leren. Dat lesmateriaal bestaat uit een aantal onderdelen (bouwstenen) die ieder een eigen *deelfunctie* vervullen in het onderwijsleerproces en die in een goed overdachte volgorde zijn geplaatst. Om de deelfunctie van een bouwsteen te vinden, is het vaak handig je af te vragen wat er mis gaat als de bouwsteen ontbreekt. Zo heeft een opdracht bij een simulatie de volgende bouwstenen: inleiding met afbeelding simulatie, bediening,

verkennen, verdiepen, achtergrondinformatie. Als het onderdeel 'bediening' ontbreekt, lopen de leerlingen vast bij het 'verkennen' en 'verdiepen', en als het onderdeel 'verdiepen' ontbreekt, blijft de leeractiviteit steken bij het spelen met de simulatie zonder duidelijke explicitering van wat er uit de simulatie te leren valt.

(Deel)uitwerkingen bedenken – De volgende stap is het voor elke bouwsteen bedenken van meerdere *uitwerkingen* om de deelfunctie te kunnen realiseren. Bij een inleiding op bijvoorbeeld het onderwerp 'bolle lenzen' zijn er verschillende mogelijkheden, zoals het klassikaal bekijken en bespreken van de bouw van een diaprojector of fototoestel, het uitvoeren van een practicum met een bolle lens, of het bespreken van het gebruik van een brandglas en loep. Om een duidelijk overzicht te krijgen van alle bouwstenen met hun deelfuncties en mogelijke uitwerkingen wordt vaak gebruik gemaakt van een ideeëntabel. Elke uitwerking wordt in de tabel met enkele trefwoorden en/of een schets omschreven. Zo'n *ideeëntabel* 'dwingt' tot creativiteit.

Ontwerpvoorstel formuleren – Na de voorgaande voorbereidende stappen volgt het opstellen van het definitieve programma van eisen en het beargumenteerd kiezen van de, gezien de gestelde eisen, meest veelbelovende combinatie van alternatieve uitwerkingen uit de ideeëntabel: het *ontwerpvoorstel*.

Ontwerp realiseren – Bij het realiseren van het ontwerp gaat het om het uitwerken van het ontwerpvoorstel tot concreet lesmateriaal. Kijk hierbij regelmatig terug naar je ontwerp en check dit op relevantie, consistentie en bruikbaarheid

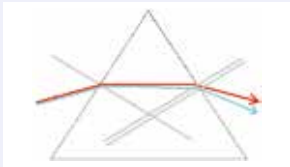
Ontwerp testen en evalueren – Bij het testen van het ontwerp gaat het om de vraag of het lesmateriaal werkt in de klas. In de meeste gevallen moet je na dat testen eerst nog enkele verbeteringen in het lesmateriaal aanbrengen voordat het goed genoeg is. En dan ten slotte het beoordelen van het eindresultaat: voldoet het lesmateriaal, achteraf gezien, (nog steeds) aan het programma van eisen? Of, met andere woorden: is het probleem dat aanleiding gaf tot het ontwerpen van het lesmateriaal nu opgelost? In paragraaf 8.4 over vakdidactisch onderzoeken gaan we wat dieper in op deze laatste fase van de ontwerpcyclus.

Het lijkt er misschien op dat de hierboven genoemde fasen opeenvolgend moeten worden doorlopen. Als ontwerper kijk je regelmatig terug naar eerdere fasen in je ontwerpproces om te zien of je je ideeën en voorstellen tussentijds bij moet stellen.

Aanvullende onderwijsleeractiviteiten ontwerpen

Bij het ontwerpen van aanvullende onderwijsleeractiviteiten nemen we het leerboek als uitgangspunt. Daardoor ligt de inhoud en volgorde van de leerstof vast. Daaraan kun je dan een aantal in dit handboek genoemde elementen toevoegen, zoals differentiatie, ‘flipping the classroom’, activerende werkvormen, practica, simulaties, games of webquests (zie hoofdstuk 3) en snelle diagnose en feedback, drieluiken of concept mapping (zie hoofdstuk 3), al dan niet binnen uitgezette leerlijnen voor probleemoplossen, onderzoeken, ontwerpen en modelleren (zie hoofdstuk 6).

Bij het ontwerpen van dit soort aanvullende onderwijsleeractiviteiten met een beperkte omvang is het doorlopen van de ontwerpcyclus zinvol, met speciale aandacht voor het identificeren van de opeenvolgende bouwstenen en hun functies en het opstellen van een ‘tot creativiteit dwingende’ ideeëntabel voor de uitwerking van elk van die bouwstenen. Als voorbeeld staat in figuur 8.3.a een drieluik (zie paragraaf 3.2) in een les over kleurschifting bij de regenboog en in figuur 8.3.b een ideeëntabel voor de uitwerking van de verschillende bouwstenen van dit drieluik.

Praktijksituatie	Laboratoriumsituatie	Theoriesituatie
		
Bij een regenboog is het zonlicht gesplitst in verschillende kleuren.	Het prisma breekt het licht van verschillende kleuren verschillend.	Het prisma breekt de blauwe lichtstraal sterker dan de rode lichtstraal.

Figuur 8.3.a Drieluik: de regenboog en kleurschifting.

Bouwsteen met functie	Uitwerking 1	Uitwerking 2	Uitwerking 3
1. Inleiden dagelijks leven: regenboog	verhaal	afbeelding	concept cartoon
2. Uitleg laboratorium: prisma	tekening	foto	demonstratie
3. Uitleg theorie: kleurschifting	leestekst	videofragment	leraar

Bouwsteen met functie	Uitwerking 1	Uitwerking 2	Uitwerking 3
4. Oefenen schematisch kleurschifting	opgaven	simulatie	practicum
5. Toepassen werkelijk kleurschifting	opgaven	foto	

Figuur 8.3.b Ideeëntabel voor de uitwerking van een drieluik over de regenboog en kleurschifting.

Aanvullende didactische benadering ontwerpen

Bij het ontwerpen van een aanvullende didactische benadering nemen we het leerboek als uitgangspunt, waardoor de inhoud en volgorde van de leerstof vast ligt. Daaraan kun je dan een bepaalde didactische benadering toevoegen, zoals probleemgeoriënteerd of onderzoekend leren.

In het voorbeeld hieronder is gekozen voor het ontwerpen van een probleemgeoriënteerde benadering bij een bestaand hoofdstuk uit een leerboek, in dit geval over het onderwerp elektriciteit in klas 4-hv. Zo'n probleemgeoriënteerde benadering is te zien als een laagdrempelige variant van de probleemstellende benadering (zie paragraaf 3.4), met als belangrijke aspecten het inventariseren en activeren van en aansluiten bij de voor-kennis van leerlingen en het ervoor zorgen dat leerlingen tijdens het leren overzicht houden over de inhoudelijke lijn van een hoofdstuk. De bouwstenen van zo'n benadering, zoals die in het voorbeeld van figuur 8.3.c aan het hoofdstuk in het leerboek worden toegevoegd, zijn *hoofdstukvragen* in de inleidende paragraaf, een *instapprobleem*, *paragraafvragen* en een *toepassingsprobleem* in de daarop volgende leerstofparagrafen, en een *samenvatting* in de afsluitende paragraaf. Voor het verwerken van de leerstof wordt een selectie uit de opgaven in het leerboek gebruikt.

De elektrische huisinstallatie

1. Inleiding

Hoofdstukvragen

- Hoe wordt er voor gezorgd dat een elektrische schakeling goed en veilig werkt?
- Welke verschijnselen, eigenschappen en wetmatigheden gelden voor elektrische schakelingen?
- Met welke wetmatigheden kun je het goed en veilig werken van elektrische schakelingen beter begrijpen?

2. De elektrische schakeling van de huisinstallatie

- | | |
|---------------------|---|
| Instaprobleem | <ul style="list-style-type: none">• Wat gebeurt er als je een contactdoos van een verlengsnoer in een emmer water laat vallen? Maakt het uit of de contactdoos randaarde heeft? |
| Paragraafvragen | <ul style="list-style-type: none">• Welke voorzieningen in de huisinstallatie zorgen voor veiligheid?• Kun je de werking daarvan begrijpen met eigenschappen van een elektrische schakeling? |
| Toepassingsprobleem | <ul style="list-style-type: none">• Waarom kan de aarding van huizen van voor 1950 ondeugdelijk zijn? |

3. Serie- en parallelschakeling

- | | |
|---------------------|---|
| Instaprobleem | <ul style="list-style-type: none">• Hoe branden gelijke lampjes als je ze opneemt in vier verschillende schakelingen van drie lampjes? Hoe verandert dat als je lampjes losdraait? |
| Paragraafvragen | <ul style="list-style-type: none">• Hoe meet je spanning, stroom en weerstand in een schakeling met drie weerstanden?• Welke wetmatigheden gelden voor spanning, stroom en weerstand in een schakeling met meer weerstanden? |
| Toepassingsprobleem | <ul style="list-style-type: none">• Hoe kun je met een schuifweerstand de spanning regelen? |

4. Elektrische energie

- | | |
|---------------------|---|
| Instaprobleem | <ul style="list-style-type: none">• Wat gebeurt er als je een roodgloeiende metaal-draad die aangesloten is op een spanningsbron deels onderdompelt in water? |
| Paragraafvragen | <ul style="list-style-type: none">• Hoe bereken je in een elektrische schakeling de hoeveelheid warmte die wordt ontwikkeld in de bedrading, in de apparaten en in de bron?• Wat is in de huisinstallatie de invloed van verlengsnoeren en bedrading op het goed werken van apparaten en lampen? |
| Toepassingsprobleem | <ul style="list-style-type: none">• Waarom is de maximaal toegestane stroomsterkte in een opgerold verlengsnoer lager dan in een afgerold verlengsnoer? |

5. Weerstand

- | | |
|---------------|---|
| Instaprobleem | <ul style="list-style-type: none">• Hoe ziet de ijkgrafiek er uit van een draai-weerstand die je gebruikt als hoeksensor? |
|---------------|---|

Paragraafvragen	• Welke soorten variabele weerstanden zijn er en waarvan hangt de weerstandswaarde van die variabele weerstanden af? • Hoe kun je een variabele weerstand gebruiken voor het meten van bijvoorbeeld lichtsterkte of temperatuur?
Toepassingsprobleem	• Hoe kun je een NTC-weerstand gebruiken als temperatuursensor?
6. Afronding Samenvatting	• De leerstof is na iedere paragraaf samengevat in een leerstofoverzicht. Nagegaan wordt of de hoofdstukvragen nu beantwoord zijn.

Figuur 8.3.c De bouwstenen en de (globale) uitwerking daarvan in een probleemgeoriënteerde benadering van het onderwerp elektriciteit als aanvulling op het hoofdstuk in het leerboek.

Bij het ontwerpen worden aan de aanvullende bouwstenen enkele eisen gesteld, samenhangend met de didactische functie van de bouwsteen.

Hoofdstukvraag – De hoofdstukvraag is de richtvraag waarop de bestudering van het hoofdstuk antwoord geeft. Deze vraag is gesteld in termen van voorkennis en bevat geen nog onbekende begrippen. De leerlingen kunnen de vraag begrijpen, maar kennen het antwoord niet – want voor dat antwoord is de leerstof uit het hoofdstuk nodig.

De functie van de hoofdstukvraag (of hoofdstukvragen) is dat leerlingen zich een beeld kunnen vormen van de focus van het hoofdstuk, waarna deze vraag bij het werken aan het hoofdstuk het denken van de leerlingen organiseert en richt. Dit betekent dat de paragraafvragen moeten aansluiten op de hoofdstukvraag.

Instaprobleem – Elke leerstofparagraaf start met een instaprobleem. In het voorbeeld is dat een demonstratieproef met onderwijsleergesprek, maar een instaprobleem kan ook worden vormgegeven met een discussieposter, een afbeelding, een verhaal, een brainstorm enzovoort.

Het instaprobleem heeft als functie het vaststellen van het onderwerp van de paragraaf, het inventariseren van de voorkennis van de leerlingen (waaronder leerlingdenkbeelden), het oproepen van een behoefte aan verklaring van de waargenomen verschijnselen en (daarmee) het oproepen van een motivatie voor het vervolg. De interactie tussen leraar en leerling is bijvoorbeeld als volgt te structureren: confrontatie met het verschijnsel en stellen van de startvraag,

inventariseren van verwachtingen en argumenten, doen van waarnemingen en formuleren van vervolgvragen.

Paragraafvraag – De vraag van het instapprobleem wordt verbreed naar een paragraafvraag. Deze vraag heeft dezelfde kenmerken en functie als de hoofdstukvraag, maar nu gericht op de betreffende leerstofparagraaf, en is te beantwoorden met de leerstof uit de paragraaf. De paragraafvragen samen geven de verhaallijn van het hoofdstuk.

Toepassingsprobleem – Elke leerstofparagraaf heeft als afsluiting een toepassingsprobleem, waarbij er een duidelijk verband is tussen het op te lossen probleem en de leerstof uit de betreffende paragraaf. Het toepassingsprobleem heeft één probleemstelling, en de moeilijkheidsgraad kan worden gevarieerd door keuzes te maken in het continuüm van contextrijk of contextarm en van gestructureerd (met tussenstappen) of ongestructureerd (zonder tussenstappen).

Een toepassingsprobleem heeft als functie het verwerken en toepassen van de aangeboden leerstof. Een reflectie op de aanpak van het toepassingsprobleem door de leerlingen kan het vaker gebruiken van een algemene en domeinspecifieke probleemaanpak stimuleren. Het werken aan het toepassingsprobleem is te structureren met bijvoorbeeld de werkvorm *denken-delen-uitwisselen* (zie paragraaf 3.11). De individuele voorbereiding (denken) kan als huiswerk gebeuren. De groepsopdracht (delen) is gericht op het vinden van de juiste oplossing en het overdenken van de probleemaanpak door het onderling vergelijken van de individuele voorbereiding. De klassikale nabespreking (uitwisselen) levert aandachtspunten voor een algemene en domeinspecifieke probleemaanpak.

Samenvatting – De functie van de samenvatting is terugkijken naar de hoofdstukvragen: zijn deze met de inmiddels verworven kennis en vaardigheden te beantwoorden? En zo ja: welke antwoorden zijn dat dan? Dat kan door bijvoorbeeld het voorleggen van de vier opdrachten uit figuur 8.3.d die gaan over belangrijke delen van de leerstof. Het werken aan deze opdrachten is te structureren met bijvoorbeeld de werkvorm *experts* (zie paragraaf 3.11). De individuele voorbereiding (het maken van één van de opdrachten) doet de leerling als huiswerk. Daarna volgt in de klas het werken in de homogene expertgroepen per opdracht (bespreken van de resultaten van het huiswerk en vaststellen van de oplossing van de opdracht), gevolgd door het werken in de gemengde expertgroepen (onderling presenteren van de oplossing van elk van de opdrachten), en afgesloten met een nabespreking van de probleemaanpak.

Samenvattingsopdrachten

- a) Hoe wordt er in huis voor gezorgd dat er weinig gevaar is voor het ontstaan van brand door kortsluiting of overbelasting?
- b) Hoe wordt er in huis voor gezorgd dat er weinig gevaar is voor het oplopen van een schok?
- c) Hoe wordt er in huis voor gezorgd dat er niet te veel energieverlies is in de leidingen?
- d) Je hebt twee lampjes L_1 (6,0 V; 0,30 A) en L_2 (12,0 V; 0,40 A) en twee regelbare weerstanden. Ontwerp een schakeling waarbij beide lampjes op de juiste sterkte branden. Geef een toelichting waarom je schakeling goed werkt.

Figuur 8.3.d Een voorbeeld van afsluitende samenvattingsopdrachten.

Aan de gestelde eisen is niet altijd te voldoen, omdat de inhoud en volgorde van de leerstof worden bepaald door het leerboek. Neem bijvoorbeeld de eis dat de paragraafvragen samen de verhaallijn van het hoofdstuk geven. Daardoor gaat het in het voorbeeld van figuur 8.3,c bij de paragraaf 5 over weerstand ‘wringen’: de paragraafvraag is hier niet meer logisch te koppelen aan de elektrische huisinstallatie en vormt een doorbreking van de grote lijn van het verhaal. Maar dat is dan in dit geval, met het leerboek als uitgangspunt, niet anders.

Ontwerpen van alternatief voor het leerboek

Bij het ontwerpen van alternatief lesmateriaal is er meer vrijheid, en geven eigenlijk alleen de kerndoelen/eindtermen nog enige ‘richting’. Het zal daarbij vaak gaan om een module over een specifiek onderwerp. Daarbij moet, uitgaande van de doelgroep, worden vastgesteld wat de beginsituatie van de leerlingen zal zijn (voorkennis) en welke leerdoelen worden beoogd – en bij dat laatste is het verstandig om al in een vroeg stadium te bedenken hoe die leerdoelen dan uiteindelijk concreet getoetst gaan worden, om te voorkomen dat er sprake is van onrealistische verwachtingen van de leeropbrengst van het te ontwerpen lesmateriaal en het bijbehorende onderwijsleerproces (Millar, 2016). Daarmee samenhangend kan nu de vakinhoud van het lesmateriaal worden vastgesteld in de vorm van een logisch, doorlopend ‘verhaal’, en moeten keuzes worden gemaakt rond de vakdidactische benadering (of onderwijsvisie): cursorisch of projectmatig, welke concept-contextbenadering, wel of niet onderzoekend leren, wel of niet een probleemgeoriënteerde of zelfs probleemstellende benadering, welke vorm van differentiatie, welke activerende werkvormen, welke aanpak voor begripsontwikkeling enzovoort (zie hoofdstuk 3). De keuzes zijn voor een belangrijk deel afhankelijk van het onderwerp en de onderwijsvisie en tevens van wat er voor en na dit onderwerp aan benadering wordt gekozen.

Daarna kan begonnen worden met het uitlijnen van het beoogde lesmateriaal. Een hulpmiddel daarbij kan dan zijn een globale *fasering* van het onderwijsleerproces en de *didactische functie* van elk van de daarin onderscheiden fasen, of – kortweg – om een *didactische fasering* (Kortland & Klaassen, 2009; Lijnse, 2014c).

Globaal motief – Oriënteren op en oproepen van een globale interesse en globaal motief voor het bestuderen van het betreffende onderwerp.

Kennisbehoefte – Het inperken en toespitsen van dit globale motief tot een inhoudspecifieke behoefte aan meer kennis.

Kennisuitbreiding – Het uitbreiden van de bestaande kennis van de leerlingen, in het licht van het globale motief en de specifiekere geformuleerde kennisbehoefte.

Kennistoepassing – Het toepassen van de nieuwe kennis in situaties waarvoor de kennisuitbreiding bedoeld was.

Deze fasen zijn, met uitzondering van het oproepen van een kennisbehoefte, ook herkenbaar in de eerder gegeven fasering van de leerstofopbouw (zie paragraaf 2.5). De didactische fasering lijkt daarmee bruikbaar als ‘ontwerpheuristiek’ die op hoofdlijnen enige richting geeft aan een ontwerp.

Op de bovengenoemde didactische fasering zijn nog twee aanvullingen mogelijk, die te maken hebben met *macro-micro-denken* en de ontwikkeling van *meta-cognitieve kennis* bij vaardigheidsontwikkeling.

Macro-micro-denken – Afhankelijk van het onderwerp kan er sprake zijn van verschillende soorten kennis. Een voorbeeld is het onderwerp radioactiviteit, met kennis over het verschijnsel radioactiviteit op macroscopisch niveau en kennis over de verklaring van dat verschijnsel op microscopisch niveau (zie paragraaf 3.4 en 5.7). Eenzelfde tweedeling is zichtbaar bij een onderwerp als stoffen en materialen, met enerzijds de macroscopische eigenschappen van materie en anderzijds de verklaring van die eigenschappen met een deeltjesmodel (zie paragraaf 3.2 en 5.8). In dit soort gevallen kan de didactische fasering worden gebruikt als ontwerpheuristiek voor het lesmateriaal over het verschijnsel op macroscopisch niveau, gevolgd door eenzelfde didactische fasering in het lesmateriaal over de verklaring van dat verschijnsel op microscopisch niveau. Het kan echter zijn dat in deze ‘tweede ronde’ de fase ‘kennisbehoefte’ kan komen te vervallen, als er in de ‘eerste ronde’ bij leerlingen al voldoende vragen zijn opgekomen (of opgeroepen) naar een verklaring voor de macroscopische verschijnselen. Het is natuurlijk mogelijk om deze ‘tweede ronde’ te verplaatsen naar een later moment in het curriculum.

Metacognitieve kennis – Afhankelijk van het onderwerp kan er sprake zijn van een wens tot het ontwikkelen van de metacognitieve kennis van de leerlingen. Een voorbeeld is de lessenserie over het ontwikkelen van een deeltjesmodel (zie paragraaf 4.5). Er is sprake van twee gekoppelde leerprocessen die elkaar als het ware aandrijven. In de lessenserie over het deeltjesmodel gaat het eerste proces over het leren van een deeltjesmodel en het tweede proces over de aard van natuurwetenschap, in het bijzonder over de aard van een deeltjesmodel, met een sterke nadruk op het reflecteren op de manier van kennisverwerving in de natuurwetenschappen.

Van het ontwikkelen van metacognitieve kennis kan ook sprake zijn bij de vaardigheden probleemoplossen, onderzoeken, ontwerpen en modelleren. Ontwikkeling van metacognitie vraagt om een vijfde fase in de beschreven didactische fasering. Daarin wordt, in het licht van het globale motief uit de eerste fase van de didactische fasering, de behoefte opgeroepen om te reflecteren op de kwaliteit van de ontwikkelde vaardigheid: hoe goed kunnen we nu beslissen over afval, een deeltjesmodel ontwikkelen, een mechanica-probleem oplossen of daarvoor een computermodel ontwerpen? In respons op die behoefte wordt een ‘metacognitief instrument’ ontwikkeld door bijvoorbeeld, terugkijkend naar wat er in de eerste vier fasen van de didactische fasering gedaan is, een aantal stappen te benoemen die het uitvoeren van deze vaardigheid (blijken te) sturen (zie hoofdstuk 6). Dat instrument is daardoor in eerste instantie beperkt tot een specifieke context, maar is vervolgens te generaliseren tot een hulpmiddel voor het op een hoger niveau kunnen uitvoeren van de vaardigheid. Het toevoegen van een dergelijke fase is echter alleen zinvol als leerlingen in latere lessenseries de mogelijkheid krijgen om zo’n metacognitief instrument dan ook daadwerkelijk in te zetten.

In deze paragraaf is ontwerpen van klein tot groter behandeld. Door regelmatig te ontwerpen en te reflecteren op de resultaten, kun je als professioneel docent groeien en je onderwijs verbeteren. Samenwerken met anderen aan het ontwerpen van lesmateriaal draagt daar zeker aan bij door discussie over inzichten van anderen.

Verpakkingsafval: storten, verbranden en hergebruiken

Een voorbeeld van het met een relatief grote mate van vrijheid ontwerpen van alternatief lesmateriaal is de lessenserie over *Verpakkingsafval* (Kortland & Klaassen, 1996): een cursorische lessenserie met een centrale context (zie paragraaf 3.8), een probleem-stellende benadering (zie paragraaf 3.4) en groepsdiscussie, (literatuur)onderzoek en presentatie als activerende werk-

vormen. De hierboven genoemde didactische fasering is in dit voorbeeld als volgt uitgewerkt (Kortland, 2001).

Globaal motief – Vanuit een aanwezig verondersteld globaal motief van de leerlingen om te willen bijdragen aan ‘een beter milieu’ en vanuit een presentatie van een breed scala aan keuzesituaties rond het gebruik van materialen, water en energie – waarbij steeds sprake is van het onttrekken van ‘iets’ aan het milieu (grondstoffen, water, brandstoffen) en (later, op een andere plaats) het toevoegen van ‘iets’ aan het milieu (afval) – zullen leerlingen gaan zien dat ‘iets leren over het maken van een keuze uit verpakkingsalternatieven’ *als voorbeeld* ook nuttig kan zijn voor besluitvorming in ook andere milieuvraagstukken. Daarmee wordt het globale motief versterkt, en is het mogelijk om een globaal vooruitblik te geven op het volgende onderwijsleerproces.

Kennisbehoefte – Door de leerlingen hun leefwereldkennis over de productie van verpakkingsmaterialen en afvalverwerking te laten structureren, wordt hen duidelijk dat verpakkingsalternatieven moeten worden vergeleken op twee milieucriteria: uitputting en vervuiling. Bij het maken van een dergelijke vergelijking in een concrete keuzesituatie ervaren ze dat hun kennis over verpakkingen en verpakkingsmaterialen nog onvoldoende is om dat goed te doen, en formuleren dat zelf in termen van een onderzoeksvraag: wat zijn (in theorie en in de praktijk) de mogelijkheden om uitputting en vervuiling tegen te gaan wat betreft de veelgebruikte verpakkingsmaterialen? Uit hun gestructureerde leefwereldkennis volgt dat het daarbij gaat om de criteria-gerelateerde eigenschappen van verpakkingen en verpakkingsmaterialen als vernieuwbaarheid van de grondstof, herbruikbaarheid van de verpakking en recyclebaarheid van het verpakkingsmateriaal.

Kennisuitbreiding – Door middel van het raadplegen van schriftelijke en audiovisuele bronnen, interviews met deskundigen en experimenten zoeken en vinden de leerlingen een antwoord op de onderzoeksvraag.

Kennistoepassing – Met het gevonden antwoord op de onderzoeksvraag ervaren de leerlingen dat besluitvorming in de eerdere concrete keuzesituatie (uit de fase ‘kennisbehoefte’) nu wel, of in elk geval beter mogelijk is, en gebruiken hun verworven kennis voor het formuleren en presenteren van een beargumenteerde mening over het beste verpakkingsalternatief in een zelf-geïdentificeerde keuzesituatie.

Na deze vier fasen volgt nog een vijfde fase met een reflectie op de door de leerlingen gepresenteerde beargumenteerde mening en het ontwikkelen van een ‘metacognitief instrument’ voor besluitvorming dat ook bruikbaar lijkt voor keuzesituaties rond andere milieuvraagstukken (zie paragraaf 7.5 en later in deze paragraaf).

Figuur 8.3.e De didactische fasering en de (globale) uitwerking daarvan in een probleemstellende benadering van het onderwerp verpakkingsofval als alternatief lesmateriaal.

Uit het voorbeeld hierboven blijkt dat de didactische fasering wel enige richting geeft aan een ontwerp, maar dan ook niet meer dan dat. De gegeven fasering moet namelijk worden ingevuld met een reeks goed doordachte onderwerpspecifieke activiteiten (en opdrachten en vragen binnen die activiteiten) die voor leerlingen inzichtelijk op elkaar voortbouwen. Het ontwerpen van die activiteiten vraagt om een voortdurende verplaatsing in het standpunt van de leerlingen: “Wat zal een activiteit (of opdracht of vraag binnen zo’n activiteit) aan inhoudelijke leerlingreacties gaan opleveren, en is dat voldoende voorbereiding op de volgende activiteit?” En dan nog zullen de aan te bieden activiteiten meerdere keren moeten worden getest en verbeterd, voordat een bevredigend resultaat kan worden verwacht.

Als het lesmateriaal eenmaal ‘af’ is, kan het nuttig zijn om de, al dan niet naar eigen inzicht aangepaste *methodewijzer* (zie paragraaf 2.3) voor beoordelen van een methode er eens op los te laten (of dat een collega te laten doen): hoe tevreden ben je met het resultaat, bijvoorbeeld in vergelijking met de score van het gebruikte leerboek?

8.3 Vakdidactisch onderzoeken

Inleiding

Goede leraren werken voortdurend aan het verder verbeteren van hun lespraktijk. Ze identificeren de onderwerpen en activiteiten waar leerlingen moeite mee hebben, bedenken daarvoor oplossingen of alternatieven, kijken hoe het daarmee in de klas ‘gaat’, en gaan door met bijschaven tot de aanpak ‘goed genoeg’ is. Grondiger testen en evalueren van een onderwijsontwerp – van een onderwijsactiviteit tot een lessenserie – kun je bereiken door het onderzoeksmatig aan te pakken. Er zijn echter grote, bijna culturele verschillen tussen de rollen van onderzoeker en leraar (Labaree, 2003). De onderzoeker bewaart objectieve afstand, neemt de tijd, en wil algemene, generaliseerbare, grondig onderbouwde conclusies trekken. De leraar is persoonlijk betrokken, moet snel beslissen en handelen, en dient vooral het persoonlijk belang van diens individuele leerlingen.

Het denken en doen, doel en aanpak en hun oordeel daarover verschillen en zijn vaak zelfs tegenstrijdig. Bijvoorbeeld, op basis van een klassengesprek besluit de leraar een extra opgave over de wet van Ohm te doen om snel verder te kunnen. De onderzoeker merkt misschien in hetzelfde klassengesprek een verrassend leerlingdenkbeeld op, en wil dat grondig uit gaan pluizen. Het gelijktijdig combineren van de rollen is vooral lastig, als je niet doorhebt dat die tegenstrijdigheden er zijn. Daar komt bij dat het sociaalwetenschappelijke onderzoek waarop vakdidactiek gebaseerd is sterk verschilt van natuurkundig onderzoek.

Deze paragraaf beschrijft wat vakdidactisch onderzoek is en hoe je het aanpakt, met veel aandacht voor het opzetten van een onderzoeksplan en het kiezen van een onderzoeksanpak. Daarna wordt het ontwikkelingsonderzoek als voorbeeld uitgewerkt, omdat dit soort onderzoek goed aansluit bij het ontwerpen van een lesactiviteit, les of lessenserie. Als je wil onderzoeken of jouw ontwerp doet wat de bedoeling is en of het nog verder kan worden verbeterd, is deze onderzoeksanpak waarschijnlijk de meest geschikte.

Veel aspecten van onderzoek doen in en aan de onderwijspraktijk worden hier alleen genoemd en moet je zelf verder invulling geven. Een goed startpunt is het boek *Praktijkonderzoek* (Van der Donk & Van Lanen 4e druk 2021 en later).

Oriënteren – de ‘twopager’

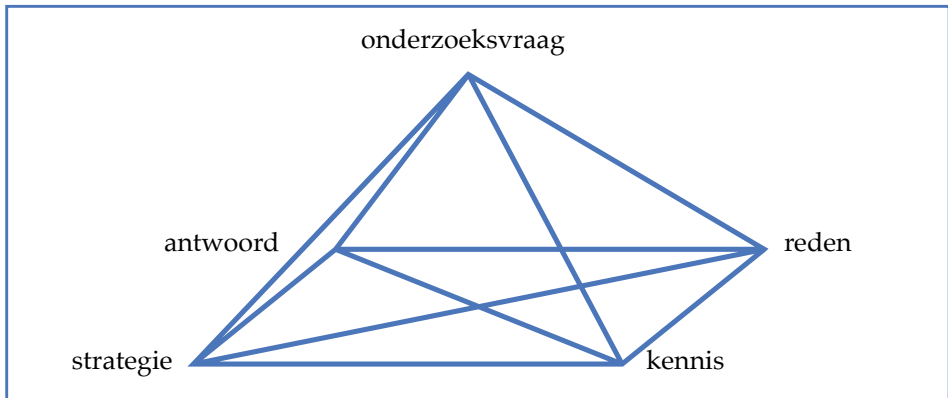
De eerste stap bij het maken van een onderzoeksplan is de moeilijkste, en daarvoor wordt de ‘twopager’ gebruikt. In maximaal twee pagina’s schrijf je op *waar je achter wilt komen* met je onderzoek, en *hoe* je dat aan gaat pakken. Laat al het andere voorlopig buiten beschouwing. Je bespreekt de twopager met een begeleider en pas de inhoud aan tot jullie duidelijk hebben *hoe* je *wat precies* gaat onderzoeken. Het schrijven van een onderzoeksplan is een iteratief proces: de twopager helpt je met het meest urgente probleem: het maken van de eerste voorlopige inhoudelijke keuzes.

Onderzoeksplan

De volgende stap is een onderzoeksplan. Hiervoor worden formats met verplichte onderdelen gebruikt binnen opleidingen en instituten. Met die onderdelen geef je de verbanden weer tussen de vijf elementen van onderzoek, zoals weergegeven in figuur 8.4.a (Oost & Markenhof, 2010). Centraal in deze piramide staat de *onderzoeksvraag*, die voor de invulling van alle overige elementen bepalend is. De *methodologie* beschrijft hoe, volgens welke stappen, de onderzoeksvraag wordt beantwoord. Het *antwoord* betreft het beoogde type opbrengst, of de functie van het onderzoek. De *kennis* specificeert wat, welke theorie, er al over het onderwerp bekend is en in welke termen het beschreven wordt. De *reden* legt uit

waarom dit onderzoek wordt uitgevoerd en hoe de opbrengst optimaal wordt gemaakt.

Een goed onderzoeksplan specificiert ieder element en verbindt het met alle andere op een consistente, logische en gedetailleerde manier. Het uitwerken ervan kost ongeveer een derde van de onderzoekstijd. Het verzamelen van gegevens duurt ongeveer even lang. De overige tijd is ruwweg gelijk verdeeld tussen data-analyse en verslaglegging. Een goed onderzoeksplan vormt ongeveer de helft van het onderzoeksverslag, maar houdt er rekening mee dat er delen zullen moeten worden herzien of aangevuld.



Figuur 8.4.a Model voor het opstellen van een onderzoeksplan.

Onderzoeksvraag – De onderzoeksvraag moet je zien als de perfecte, best mogelijke samenvatting van het complete onderzoeksplan. Van ieder woord moet je precies kunnen zeggen wat het betekent. Er moet precies staan wat je gaat onderzoeken, waar, en hoe. Wat hier niet staat hoort niet in het onderzoek, en wat er wel staat moet in al zijn aspecten een antwoord krijgen. Het formuleren van deelvragen kan helpen. Zorg ervoor dat je, als de antwoorden op de deelvragen bij elkaar zet, echt alle aspecten van de hoofdvraag belicht zijn – niet meer of minder. Waarover die vraag gaat, wat voor antwoord je zoekt, wat je al weet, waarom je hem stelt en hoe je hem gaat beantwoorden komt aan de orde in de rest van de piramide.

Het formuleren van een goede onderzoeksvraag is dus enorm belangrijk maar moeilijk en soms intimiderend, maar hoeft niet meteen perfect te zijn! Het is een iteratief proces, waarbij je gedurende je hele onderzoek na blijft gaan of er een betere formulering mogelijk is. Begin gewoon ergens en blijf eraan werken.

Kennis – Het kennisgebied waarop de onderzoeksvraag betrekking heeft staat bijvoorbeeld beschreven in dit handboek (check vooral de gegeven referenties). Het onderzoek kan zich richten op de verschillende vakdidactische benaderingen (hoofdstuk 3), de begripsontwikkeling van leerlingen (hoofdstuk 3), de domeinspecifieke leerstofopbouw (hoofdstuk 5), de vaardigheidsontwikkeling van leerlingen (hoofdstuk 6) en de relaties met de andere natuurwetenschappelijke vakken en de informele wetenschapseducatie (hoofdstuk 7). Het kennisgebied van het onderzoek vind je in meer detail in de literatuur die je voor je onderzoek bestudeert. Je beschrijft in een zogenoemd ‘theoretisch kader’ de voor het onderzoek relevante delen van de bestaande kennis en theorie, vat die samen en brengt die met elkaar in verband. Beschrijf met name die aspecten waarover in de literatuur geen overeenstemming bestaat. Maak je theoretisch kader samenhangend en beperkt tot wat voor je onderzoek nodig en voldoende is.

Antwoord – Met het antwoord wordt bedoeld dat je aangeeft welke (soort) kennis je onderzoek aan het gekozen onderwerp hoopt toe te voegen, welke functie het moet vervullen. Als je het probleem of vraagstuk helder kunt formuleren en weet wat er al over bekend is, kun je dat bedenken. Mogelijke functies van (vakdidactisch) onderzoek zijn: beschrijven, vergelijken, definiëren, evalueren, verklaren of ontwerpen. Je bent bijvoorbeeld op zoek naar een beschrijving van de kennis van leerlingen, naar vaardigheden van leraren, naar ontwerpcriteria voor een lesactiviteit, of naar een toetsvorm om motivatie te meten. Het antwoord wat je wilt vinden, bepaalt mede hoe je zoekt. De keuzes die je hier maakt, komen terug in alle delen van het onderzoeksplan, met name in de afbakening van het onderzoek.

Reden – De reden voor dit type onderzoek is meestal een in de onderwijspraktijk gesignaleerd probleem: tegenvallende motivatie van leerlingen, gebrekkige begrips- of vaardigheidsontwikkeling, beperkte leeropbrengsten enzovoort. Het onderzoek richt zich dan op *kennisontwikkeling* voor het realiseren van een gewenste praktijkverbetering, vaak in eerste instantie in het eigen onderwijs. Merk op dat het onderzoek kan slagen als de praktijkverbetering *niet* optreedt als duidelijk is geworden waarom niet. In plaats van een praktische reden kan er sprake zijn van een theoretisch probleem, een lacune in de vakdidactische kennisbasis, waardoor het onderzoek gericht is op het bijdragen aan die kennisbasis. De reden voor je onderzoek geef je meestal in de inleiding van het onderzoeksplan en -verslag, als onderdeel van de verantwoording van het onderzoek.

Methodologie – In de methodologie omschrijf je in elk geval waar en met wie het onderzoek wordt uitgevoerd (context, doelgroep) en volgens welke stappen (design). Een belangrijke keuze die je daarbij maakt is die tussen kwantitatief,

kwalitatief of ‘mixed methods’ onderzoek. Vervolgens dien je binnen die keuze geschikte onderzoeksinstrumenten te vinden of construeren. Je dient een aantal ethische aspecten van je onderzoek aan te pakken. Je bent nu je onderzoek aan het *operationaliseren*: je maakt de overgang van bedenken wat je gaat doen naar het daadwerkelijk uitvoeren, en die overgang is vaak lastig. Dit onderdeel is omvangrijk, waardoor we je verder verwijzen naar de literatuur voor verdere uitwerking.

Onderzoeksparadigma's en onderzoeksopzet

Onderzoek dient kennis te genereren. Wat kennis eigenlijk is en wat de ‘werkelijkheid’ waar die kennis over zou moeten gaan eigenlijk is zijn filosofische vragen. Samenhangende antwoorden op deze vragen worden door diverse onderzoeksparadigma's beschreven (zie literatuur). Het gekozen paradigma is bepalend voor de manier waarop onderzoekers kennis genereren en het belang en de betekenis die zij aan kennis hechten. We kiezen hier een pragmatische middenpositie: *de kennis die we zoeken dient ons te helpen actuele onderwijsleerprocessen in natuurkundelessen beter te begrijpen en beter vorm te geven*. Kennis en informatie zijn waardevol en betekenisvol voor zover die daarbij helpen maar hebben geen verdere pretenties.

Het woord ‘beter’ is een vaag en subjectief begrip, waaraan de onderzoeker zorgvuldig invulling zal moeten geven. Onderzoek gericht op *beter* begrip is vaak beschrijvend of verklarend van aard. Onderzoek gericht op betere vormgeving van onderwijs omvat ook het *voorspellen, evalueren en (her)ontwerpen* van dat onderwijsleerproces. Een vraag die gericht is op verwerven van beter inzicht is bijvoorbeeld: “In hoeverre beheersen schoolverlaters in verschillende landen de lenzenformule?” Een dergelijk onderzoek is beschrijvend van aard. Of, voor een onderzoek met een verklarend karakter: “Welke oorzaken zorgen ervoor dat leerlingen van de gangbare practica niet leren hoe ze zelfstandig een onderzoek moeten uitvoeren?”

Onderzoeksopzet

Onderzoeksvragen worden beantwoord door een onderzoek op te zetten volgens een bepaalde methodiek. Een coherente onderzoeksmethodiek wordt onderzoeksdesign of onderzoeksopzet genoemd. De gekozen opzet hangt af van de vraag. Een onderzoeksvraag zoals de eerste wordt typisch grootschalig en kwantitatief aangepakt, en de overtuigingskracht van de gevonden antwoorden moet komen van testgemiddelden en de statistische significantie van de verschillen daartussen. Bij de tweede vraag ligt het meer voor de hand om na te gaan wat er nu precies gebeurt tijdens die practica, en hoe leerlingen daarop reageren. De overtuigingskracht van dit vaak kwalitatieve onderzoek komt vooral

van de herkenbaarheid van de beschreven lespraktijk, en de geloofwaardigheid van de interpretaties en redeneringen. Bij een *mixed methods* aanpak worden beide types data - kwantitatief en kwalitatief - gebruikt.

Natuurkunde studenten denken bij vakdidactisch onderzoek vrijwel meteen aan een aanpak met een pre- en posttest, een experimentele groep en een controle-groep, en een aantal factoren dat constant wordt gehouden om zo het effect van die ene factor te meten waarin we geïnteresseerd zijn. Dat wil zeggen aan een grootschalig kwantitatief onderzoek. Zo'n onderzoeksdesign is complex, want het aantal factoren dat bepaalt wat een leerling leert is groot, het bepalen van de 'waarden' van die factoren is lastig, en de invloed en het onderlinge samenspel van die factoren ingewikkeld. Bovendien is het als gevolg van de grootschaligheid vaak onmogelijk om na te gaan hoe het onderwijsleerproces in beide groepen tussen de pre- en posttest is verlopen. Die informatie is meestal wel nodig om de uitkomsten van het onderzoek zo goed mogelijk te kunnen interpreteren.

De voor de eigen onderwijspraktijk meest relevante onderzoeksvragen vergen een ander type design, zoals ontwikkelingsonderzoek of Lesson Study. Een onderzoek waarmee je het onderwijsleerproces grondig in beeld wil brengen is complex, waardoor je een kleinschalige en kwalitatieve aanpak gebruikt, zodat je precies kunt zeggen hoe een leeropbrengst verbonden is met wat er in de klas gebeurt. Zo'n kwalitatief onderzoeksdesign is voor leraren het meest relevant en interessant doordat het concrete oplossingen voor praktische problemen in de onderwijspraktijk kan opleveren. Lesson Study is eveneens een kwalitatief design waarbij leraren samen een perfecte les ontwerpen over een onderwerp waar het probleem zich voordoet (Murata, 2011, De Vries et al, 2016). Een leraar geeft de les, waarbij de anderen observeren wat leerlingen doen met het nieuwe ontwerp. Vervolgens wordt de les geëvalueerd en bijgesteld om de geobserveerde onwenselijke zaken te corrigeren. Dan geeft een volgende leraar de les, gevolgd door dezelfde stappen totdat de les naar tevredenheid verloopt of iedereen een keer de lesgegeven heeft.

Indien het nodig is voor de beantwoording van je onderzoeksvraag beschreven pre-post vergelijking tussen een experimentele en controlegroep te maken is een *mixed methods* design dat van beide types data gebruik maakt, de beste aanpak. *Mixed methods* leidt meestal tot interessanter en waardevoller onderzoek dan een puur kwantitatieve aanpak..

Onderzoeksinstrumenten

Relevante data kun je soms verkrijgen door gebruik te maken van onderzoeksinstrumenten uit eerder uitgevoerd onderzoek. Je dient die instrumenten

grondig te evalueren in het licht van de onderzoeksvraag en deze methodologische keuze te verantwoorden in je onderzoeksplan en verslag. De meest gebruikte instrumenten in onderwijsonderzoek zijn vragenlijsten (inclusief werkbladen, tests en toetsen), interviews (individueel, focus groep, onderwijsleergesprek in de klas), observaties in de klas met observatieschema's en audio- en video-opnames en leerlingenwerk (online quizen, ingevulde werkbladen, presentaties en practicumverslagen).

Bestaat er geen bruikbaar instrument, dan moet er een gemaakt of aangepast worden. Hier komt je onderwijservaring goed van pas want een goede onderwijsactiviteit is bijna altijd, na marginale aanpassingen, een goed onderzoeksinstrument. De benodigde aanpassingen hebben meestal betrekking op ethiek, systematiek en navolgbaarheid.

Ethiek – De onderzoeker, anders dan de leraar, rapporteert extern over het onderzoek en dient zorgvuldig de deelnemers aan het onderzoek tegen ongewenste consequenties te beschermen.

Systematiek – De leraar maakt keuzes en beslissingen ad hoc gebaseerd op onvolledige of niet geheel representatieve informatie. De onderzoeker dient echter een geldig en betrouwbaar antwoord op de onderzoeksvraag te geven en heeft daar systematisch verzamelde, zo volledig en gedetailleerd mogelijke gegevens voor nodig.

Navolgbaarheid – Een leraar kan autonoom functioneren in zijn klas en hoeft daarover alleen in globale zin extern verantwoording af te leggen. De onderzoeker dient interpretaties en conclusies echter in detail tegen kritiek van 'peers' te kunnen verdedigen. De overtuigingskracht van kwalitatieve data ligt besloten in het in detail onderbouwen hoe ze zijn verzameld en geïnterpreteerd, en hoe de invloed van de onderzoeker is geminimaliseerd.

Systematiek

Voorbeelden van systematische onderzoeksinstrumenten zijn bijvoorbeeld *concept maps* (zie paragraaf 3.6), activiteiten met een *predict-explain-observe-explain* scenario (zie paragraaf 3.13), *interviews about instances* (naar aanleiding van een tekening, schets of kort verhaal) en *interviews about events* (naar aanleiding van een kort experiment of concrete gebeurtenis) (White & Gunstone, 1992). Denk goed na over het vastleggen van dat denken en doen van leerlingen. Opties zijn audio- en video-opnames, geschreven werk en dergelijke.

Het gebruik van vragenlijsten lijkt aantrekkelijker, omdat ze met relatief weinig moeite aan relatief veel deelnemers kunnen worden voorgelegd. Bruikbare vraagvormen voor begripsvragen zijn onder andere schets-, meerkeuze- en ordeningsvragen (zie paragraaf 3.7). Bedenk dat zowel leraren als leerlingen liever praten dan schrijven. Vragenlijsten leveren meestal oppervlakkige informatie op, geschikt om feitenkennis te achterhalen maar geven geen informatie over inzicht en begrip. Dergelijke data zijn wat beter uit tests en toetsen te halen. Daarbij krijg je echter te maken met de gokfactor: leerlingen zullen zo hoog mogelijk proberen te scoren. Dat kan de data mogelijk onzuiver maken: je wilt weten wat leerlingen weten en begrijpen, niet wat ze kunnen verzinnen als daar punten mee te verdienen zijn. Analyses van interviews zijn veel lastiger en tijdrovender, maar vaak onvermijdelijk als je op zoek bent naar het denken en de motieven van de geïnterviewden. Laat je bij het ontwerpen van een vragenlijst of interview leiden door de literatuur in plaats van improviseren. Een diepgaande studie is niet nodig voor een eenvoudig onderzoek, goede bronnen geven je eenvoudige tips over je keuzes in aanpak, de structuur en opbouw, en de ethische aspecten waarmee je rekening moet houden. Een korte verkenning bespaart op termijn veel tijd, en helpt je beginnersfouten te mijden.

Een *pilot* van je onderzoeksinstrumenten stelt je in staat om deze te perfectioneren voor gebruik tijdens de uitvoeringsfase en zeker te zijn dat je instrumenten op alle vragen valide en betrouwbare antwoorden zullen geven. Is het taalgebruik niet te ingewikkeld, krijg je bij het stellen van vragen het soort antwoorden dat je verwacht, blijkt bij het observeren dat je alles vastlegt wat relevant is?

Bedenk voor je al die data gaat verzamelen, wat je er daarna mee gaat doen. Menig onderzoek loopt vast omdat er teveel data zijn, waar de onderzoeker zich geen raad meer mee weet.

Navolgbaarheid

De begrippen *variabelen*, *indicatoren*, *waarden* en *validiteit* van onderzoeksinstrumenten spelen bij alle types onderzoek een belangrijke rol maar worden heel divers ingevuld. Heel compact samengevat zijn de *variabelen* de eigenschappen van alle relevante begrippen die bij het beantwoorden van je onderzoeksvraag naar voren komen. Voor variabelen die je niet rechtstreeks kunt ‘meten’ gebruik je een set *indicatoren* die model staan voor de variabele. Bijvoorbeeld, voor de variabele ‘engagement’ (of actieve deelname) kies je als een van de indicatoren ‘activiteit in de les’. Op basis van een observatieschema en -procedure legt de onderzoeker bijvoorbeeld per minuut per leerling de *waarde* ‘intensief’, ‘matig’, of ‘passief’ vast. De validiteit van dit instrument gaat dan over de vraag: meet je zo wat je moet meten, beschrijven de data het onderwerp zoals het echt is?

Kwantitatief onderzoek zet allerlei numerieke en statistische technieken in om de data met de computer te verwerken en de validiteit van onderzoeksopbrengsten te waarborgen. Kwalitatief onderzoek kent eveneens digitale methoden om de analyse te doen en deels te automatiseren. De geldigheid en betrouwbaarheid van je kwalitatieve onderzoeksdata versterk je met bijvoorbeeld *triangulatie*, *member checking* en *expertconsultatie* (Bryman, 2012).

Triangulatie is het koppelen van de resultaten van twee verschillende onderzoeks-instrumenten waarmee je data hebt verzameld over hetzelfde onderwerp. Resultaten die elkaar bevestigen versterken de overtuigingskracht van een daaruit afgeleide conclusie. Bevestigen de resultaten elkaar niet, leveren ze toch een versterking van het onderzoek op. Bijvoorbeeld, als leerlingen geëngageerd aan de activiteit deelnemen (gezien de lesobservatie) maar die niet weten te volbrengen (gezien de werkbladen) behoeft voor verdere verbetering de inzet van de leerlingen kennelijk geen extra aandacht.

Interview data worden in verschillende ronden samengevat en geïnterpreteerd. De onderzoeker legt in een *member check* de data aan de geïnterviewde voor ter controle, zodat met meer zekerheid gezegd kan worden dat is weergegeven wat de geïnterviewde bedoelde.

De kennis van *experts* kan benut worden voor onderzoek door bijvoorbeeld een zogenaamde Delphi studie, waar we verderop op terugkomen.

Ethiek

De onderzoeker heeft als een van de belangrijkste plichten het vertrouwelijk behandelen van de verkregen informatie het beschermen van de privacy van de respondenten. Instituten en organisaties hebben daartoe een ethische commissie die eisen stelt aan onderzoek waar mensen bij zijn betrokken. De aard en wijze waarop dat gebeurt verschilt per instituut. Ga tijdig na hoe dat bij jouw instelling werkt. Voordat de dataverzameling start moet toestemming worden verkregen voor het onderzoek. De aanvraag bevat de noodzaak van het onderzoek, de soort data die daarvoor nodig is en op welke basis deze verzameld mogen worden, de gebruikte instrumenten en apparatuur en een datamanagementplan. Voor onderwijsonderzoek is de basis meestal 'consent'. Hierbij horen 'informed consent' formulieren, waarin aan de beoogde deelnemers wordt uitgelegd hoe en waarvoor hun gegevens worden gebruikt en beschermd. De respondent geeft toestemming voor het gebruik van de eigen data onder de genoemde voorwaarden, maar kan deze op elk moment terug trekken. Jeugd vanaf 16 jaar mag zelf 'informed consent' verstrekken; tot 16 jaar mogen alleen de ouders dat. Regels voor anonimiseren en pseudonimiseren kun je bij de eigen instelling opvragen.

De vuistregel is dat een bekende van de deelnemer deze niet uit de data zou moeten kunnen identificeren.

Het waarborgen van de privacy wordt steeds gecompliceerder door eisen dat onderzoekers hun data openbaar aanbieden na afronding van het onderzoek, de kwetsbaarheid van digitale data op cloudservers en de komst van generatieve Artificiële Intelligentie.

ICT en vakdidactisch onderzoek

Kwantitatief onderzoek kan worden geanalyseerd met software als Excel of bij complexere data met SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) wat zeer krachtige statistische bewerkingen en analyses van data kan doen. De onderzoeker moet goed op de hoogte zijn van wat je aan het doen bent: welke variabelen, indicatoren, mogelijke statistiek passend bij jouw data, interpretatie van resultaten en noem maar op. Veel informatie staat in tutorials online; een aanbevolen boek voor SPSS is van Field (2024).

Kwalitatieve audio data kunnen met Zoom, Teams en zelfs Word tijdens de interviews al worden getranscribeerd. Het nalopen van de transcriptie is minder tijdrovend dan wanneer je het gehele interview zelf uit zou moeten werken vanaf een audio opname. NVivo en Atlas_ti zijn programma's waarmee je de transcripties kunt coderen en analyseren en interpreteren. In de programma's bevinden zich intussen opties om met behulp van AI deze taak van de onderzoeker over te nemen. De kwaliteit van de AI analyse is echter nog niet hoog. Nuances in nadruk en woordbetekenis spelen hierbij een rol. Tutorials voor deze programma's zijn online te vinden.

Het gebruik van GenAI, zeker de online gratis versies, wordt afgeraden met het oog op het eigenaarschap van de data en de kwaliteit van de geproduceerde analyses. Stel je zelf op de hoogte van het beleid van je instituut en wees kritisch op de twee genoemde zaken voordat je met een GenAI met onderzoeksdata aan de slag gaat.

Ontwikkelingsonderzoek

Ontwikkelingsonderzoek, *developmental research* of *design research* (Gravemeijer, 1994; Cobb et al, 2003; Van den Akker et al, 2006, Kortland & Klaassen, 2009) is bij uitstek geschikt voor leraren omdat het in principe kan worden uitgevoerd in de dagelijkse lespraktijk. Ontwikkelingsonderzoek wordt gebruikt om (een deel van) een lessenserie op te leveren die 'werkt'. Dat wil zeggen dat het aantoonbaar is dat de ontworpen onderwijsactiviteiten in onderlinge samenhang 'doen waarvoor ze bedoeld zijn', en dat zoveel mogelijk wordt begrepen *waarom*

dat zo is. Theorievorming is een minder evidente, tweede opbrengst van ontwikkelingsonderzoek, wat zeker van vakdidactisch onderzoekers op hogescholen en universiteiten wordt gevraagd.

Ontwikkelingsonderzoek kan als volgt worden gedefinieerd: “Developmental research is a particular way of addressing the basic questions of why and how to teach what to whom. It involves a cyclical process of small-scale in-depth development and evaluation, at a content-specific level, of exemplary teaching-learning sequences. It aims to produce an empirically supported justification of the inner workings of such a sequence, which is claimed to be an important contribution to the expertise of teachers, curriculum developers, and educational researchers.” (Klaassen & Kortland, 2015). Je zou de opbrengst van dit onderzoek dus ‘vakdidactische theorievorming’ kunnen noemen: een antwoord op “the basic questions of why and how to teach what to whom” voor het betreffende onderwerp. Een antwoord wat nuttig is voor leraren -zie ik het wel of niet zitten om dit zelf met mijn leerlingen te gaan doen-, voor curriculumontwikkelaars en vakdidactisch onderzoekers.

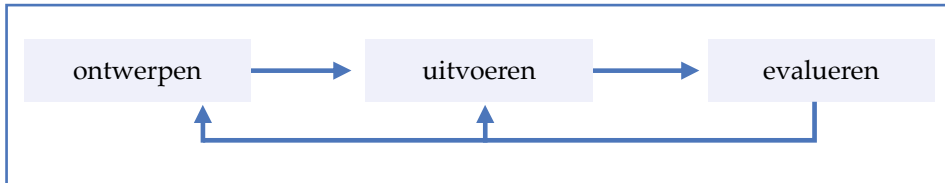
Tegelijkertijd levert ontwikkelingsonderzoek een concreet uitgewerkt en empirisch onderbouwd voorbeeld op: een *proof of principle*. De empirische onderbouwing vraagt om een doordacht en intensief cyclisch proces van ontwerpen, uitvoeren, evalueren en herontwerpen. Ontwikkelingsonderzoek is daarvoor *kwalitatief* en noodzakelijkerwijs *kleinschalig* van aard: er wordt (samen-) gewerkt met slechts enkele leraren in een beperkt aantal klassen – in sommige gevallen zelfs beperkt tot één leraar in één klas.

Het kwalitatieve en kleinschalige karakter van ontwikkelingsonderzoek vraagt echter – als de ‘kinderziektes’ uit het ontwerp zijn gehaald – om een kwantitatief en grootschalig vervolg: ‘werkt’ het ontwerp als een grote, gevarieerde groep leraren ermee in hun klassen aan de slag gaat? Bij dat evaluatieonderzoek is het dan wel zinvol om met een kwantitatieve pre-post test benadering te werken, mogelijkerwijs met een experimentele groep en een controlegroep. Waar het ontwikkelingsonderzoek in termen van paragraaf 2.6 gezien kan worden als een *formatieve* toetsing, vormt het daarop volgende evaluatieonderzoek een *summatieve* toetsing van het ontwerp.

Onderzoekscyclus

In figuur 8.4.b wordt de onderzoekscyclus van ontwikkelingsonderzoek weer gegeven. De fasen in dit proces zijn niet altijd even scherp van elkaar te onderscheiden. Daarnaast wordt het proces gekenmerkt door een heen-en-weer-denken tussen de verschillende fasen.

Je begint met je eerste onderbouwde onderwijsontwerp wat je in meerdere rondes gaat verbeteren door gebruik te maken van het inzicht van de betrokkenen, de uitwerking daarvan in onderwijsmaterialen, de uitvoering in de klas, zodat geleidelijk aan een getest ontwerp van doelen, praktijken en opbrengsten die met elkaar in overeenstemming zijn ontstaat.



Figuur 8.4.b Eén cyclus van de fasen van ontwikkelingsonderzoek, te herhalen naar inzicht.

Hieronder beschrijven we de verschillende fasen van een ontwikkelingsonderzoek waarbij we uit gaan wat je als leraar aan onderzoek kunt doen in combinatie met het voorbereiden en uitvoeren van onderwijs. Afzonderlijke onderwijsactiviteiten van beperkte omvang kunnen net als grote ontwerpen als lessenseries of modules met dit soort onderzoek worden geperfectioneerd.

Ontwerpen

In de eerste fase van een ontwikkelingsonderzoek wordt een zo goed mogelijk doordacht ontwerp gemaakt. Een geïnformeerd ontwerp benut eerder uitgevoerd vakdidactisch onderzoek, bijvoorbeeld naar de effectiviteit en efficiëntie van bepaalde *vakdidactische benaderingen*, *leerlingdenkbeelden* en/of de gewenste *vakinhoud* en *contexten* bij het betreffende onderwerp. Eventueel wordt een vooronderzoek gedaan om de literatuur aan te vullen. Het ontwerp wordt 'research informed' en minder intuïtief door bij het ontwerpen de resultaten van eigen vooronderzoek of onderzoek van anderen te gebruiken.

Een veel gebruikte *vakdidactische benadering* voor bètaonderwijs is het constructivisme, wat we in hoofdstuk 3 en 4 zijn tegengekomen. Het onderwijs zou leerlingen moeten stimuleren om zelf na te denken, en de daaruit voortkomende ideeën moeten waarderen en productief moeten gebruiken voor hun verdere kennis- en vaardigheidsontwikkeling. Uit een algemene leertheorieën volgen geen concrete aanwijzingen voor de uitwerking van een ontwerp, maar deze vormen op de achtergrond een inspiratiebron. Zo laat een synthese van de onderzoeksresultaten rond een groot aantal mechanicacursussen zien dat het inbouwen van *interactive engagement* in de lessen – interactie tussen leerlingen onderling en tussen leraar en leerlingen, ofwel het gebruik van activerende werkvormen – een betere begripsontwikkeling oplevert dan meer traditionele 'overdrachtsbenaderingen' (Hake, 2000).

Onderzoeksliteratuur kan je op het spoor zetten van *leerlingdenkbeelden* bij het betreffende onderwerp. Met vooronderzoek kun je bepalen in hoeverre die relevant zijn in je situatie, bijvoorbeeld door leerlingen te interviewen. Een eenvoudig leerlinginterview kun je ook inzetten als er geen bruikbare literatuur over je onderwerp is. Het afnemen van een interview of vragenlijst is eenvoudig, maar het interpreteren van de antwoorden van leerlingen is dat niet. Een typische leerlinguitspraak is: “Na het lampje is de stroom afgenomen.” Bedoelt de leerling dat de *stroomsterkte* is afgenomen? Dat is onwaarschijnlijk want meestal kunnen leerlingen spanning en stroomsterkte helemaal nog niet onderscheiden. Of bedoelen ze dat er iets ‘gebruikt’ moet zijn als het lampje licht en warmte produceert, omdat het immers niet vanzelf brandt? In de vakdidactische literatuur wordt het woordgebruik van leerlingen nogal eens afgezet tegen de algemeen geaccepteerde natuurkundige termen. Dat leidt tot de conclusie dat de denkbeelden van de leerlingen fout zijn en door middel van onderwijs moeten worden vervangen. Een dergelijke harde conclusie is niet verantwoord, omdat leerlingen het natuurwetenschappelijke woordgebruik nog moeten leren. Als de leerling gezien wordt als rationeel denkend wezen, kan de interpretatie van leerlinguitspraken leiden tot de conclusie dat de denkbeelden weldegelijk correct zijn maar naïef en daarmee een geschikt vertrekpunt vormen voor verdere kennisuitbreiding (zie hoofdstuk 4) (Klaassen, 1995; Klaassen & Lijnse, 1996). In het geval van de elektrische schakeling is het productiever om in het onderwijs voort te bouwen op de interpretatie die uitgaat van een naïef correct denkbeeld, dan op degene die suggereert dat een begrip vervangen moet worden nog voor het enigszins is ontwikkeld.

Interviews met leerlingen

Een vooronderzoek in de vorm van leerlinginterviews als voorbereiding op het ontwerpen kan plaatsvinden door hen ‘gewoon’ te laten praten over wat ze over een onderwerp denken te weten, welke contexten ze bij dat onderwerp wel of niet aantrekkelijk vinden, hoe ze daaraan zouden willen werken enzovoort. Dat vraagt niet al te veel voorbereiding, en is snel uitvoerbaar.

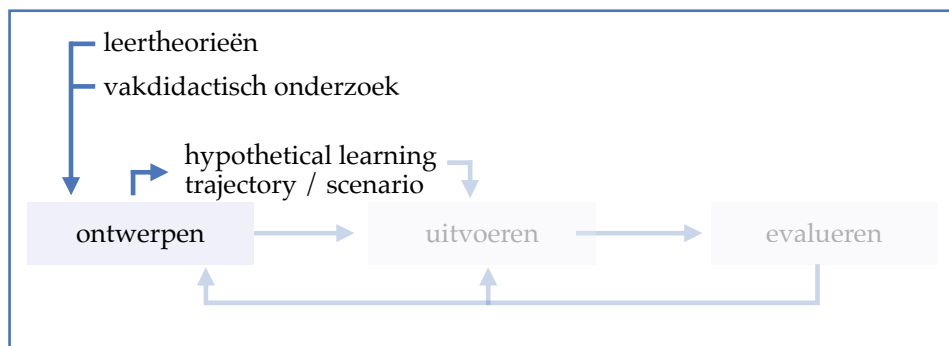
Als het gaat om begripsontwikkeling kun je een *interview about instances* inzetten. Leg leerlingen individueel of in tweetallen een probleemsituatie voor, bijvoorbeeld een open opgave, een concept cartoon of beschrijf een simpele situatie. Stel daarbij de vraag: “Wat gebeurt daar precies?” Voorbeelden zijn: je drukt op het knopje en het licht gaat aan, je kijkt in de spiegel en ziet jezelf, je stapt op en fietst weg, je gooit een ijsklontje in een glaasje fris. Laat de geïnter-

viewden het probleem hardop denkend oplossen en – als het oplosproces dreigt vast te lopen – vat leerlinguitspraken samen, vraag om toelichting en geef hints die de leerlingen weer aan het denken zetten.

Figuur 8.4.c Een mogelijke aanpak van leerlinginterviews voor het achterhalen van leerlingdenkbeelden.

Een expert raadpleging als vooronderzoek kan je inzetten als je bijvoorbeeld de *vakinhoud en/of context* voor een nieuw onderwerp wil vastleggen. Denk hierbij aan een keuzeonderwerp binnen het SE, of een (vakoverstijgend) project) of de keuze voor een centrale context bij een onderwerp. Een vorm van een expert raadpleging is een Delphi-studie waar in meerdere ronden experts gestructureerd worden bevraagd over het onderwerp met het doel consensus te bereiken. Het uitvoeren van een volledige Delphi-studie is arbeidsintensief, maar gebaseerd op het idee: kun je collega's binnen en buiten de school vragen om feedback op de voorgestelde vakinhoud en contexten. Wat waarom wel of niet, en wat zou er waarom nog bij moeten? Leerlingen kunnen ook gezien worden als experts, zeker als het om de keuze van contexten gaat.

Een *scenario* (Klaassen & Kortland, 2015) geeft richting aan het vervolg van het onderzoek door de verwachting voor wat betreft het verloop en de opbrengsten van het onderwijsleerproces te expliciteren. Dit wordt wel een *hypothetical learning trajectory* (Simon, 1995) genoemd. Deze beschrijving van de op elkaar volgende onderwijsactiviteiten met daarbij de verwachtingen over het doen en denken van de leerlingen en de aannames over hoe dit doen en denken zal bijdragen aan het bereiken van de beoogde leerdoelen, vormt de basis voor het te ontwerpen lesmateriaal. Daarnaast maakt het in de uitvoeringsfase een vergelijking mogelijk tussen het verloop van het actuele en het verwachte onderwijsleerproces. De vergelijking van de twee geeft in de evaluatiefase aanleiding tot een reflectie op de didactische kwaliteit van het ontwerp en de uitvoering daarvan in de lespraktijk.



Figuur 8.4.d De influx van leertheorieën en vakdidactisch onderzoek en de positie van het scenario in de onderzoekscyclus.

Een prototype van het ontwerp kan nu worden uitgewerkt met behulp van de verwachte voorkennis van de leerlingen, de beoogde leerdoelen en de toetsing daarvan, de uitgevoerde leerstofanalyse die vertaald is tot een logisch, doorlopend vakinhoudelijk ‘verhaal’, de keuzes omtrent de vakdidactische benadering of onderwijsvisie, de globale didactische fasering van het onderwijsleerproces en de randvoorwaarden van de uitvoering (zie paragraaf 8.3). In het ontwerp zitten ‘voortgangsmetingen’ in de vorm van bijvoorbeeld snelle diagnose en feedback (zie paragraaf 3.7), *concept mapping* (zie paragraaf 3.6) en een eindtoets als het om begrips- en vaardigheidsontwikkeling van de leerlingen gaat. Het gericht observeren van het onderwijsleerproces is natuurlijk – vanuit onderzoeksoogpunt – te combineren met het gebruik van. Deze onderzoeksinstrumenten vormen echter, als het goed is, als onderwijsactiviteit al een integraal onderdeel van het ontwerp.

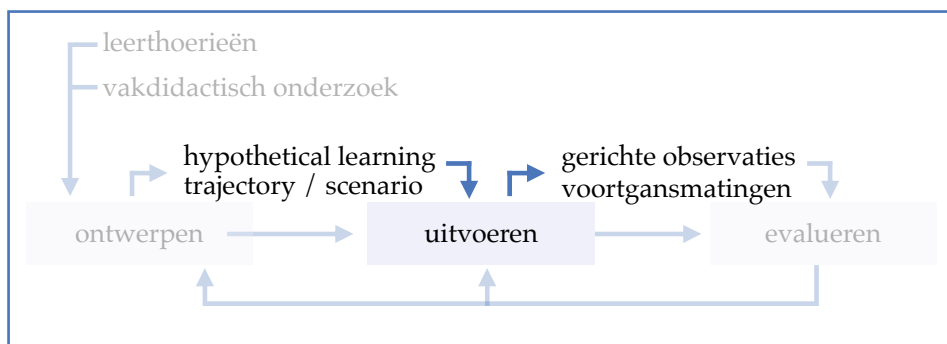
Het prototypisch ontwerp kan worden getest: de uitvoering.

Uitvoeren

Het scenario vormt een ondersteuning bij het ontwikkelen van het lesmateriaal. Tegelijkertijd levert het scenario door de expliciet geformuleerde verwachtingen over de uitvoeringsfase van elke onderwijsactiviteit een duidelijk observatiepunt: komt ‘dat wat leerlingen naar voren brengen’ overeen met de vooraf geformuleerde verwachtingen? Er kan gericht geobserveerd worden in plaats van te concluderen dat de les wel of niet liep..

Door deze vergelijking van het verloop van het actuele en het verwachte onderwijsleerproces begint de procesevaluatie al tijdens de uitvoeringsfase. De ‘gerichte observaties’ kunnen in de uitvoeringsfase leiden tot ad-hoc bijstellingen in de uitvoering van het ontwerp.

De combinatie van uitvoeren en onderzoeken is lastig, zoals al opgemerkt in de inleiding van deze paragraaf: je hebt hier twee moeilijk tegelijkertijd te spelen rollen, die van leraar en die van onderzoeker. Een mogelijke oplossing is deze twee rollen in de tijd van elkaar te scheiden: speel tijdens het uitvoeren je vertrouwde rol als leraar, en laat een video-opname maken van de lessen. Na het uitvoeren kun je dan in je rol van onderzoeker terugkijken, gericht observeren, het actuele en het verwachte verloop van het onderwijsleerproces vergelijken, en de plannen voor de nog komende lessen bijstellen waar nodig.

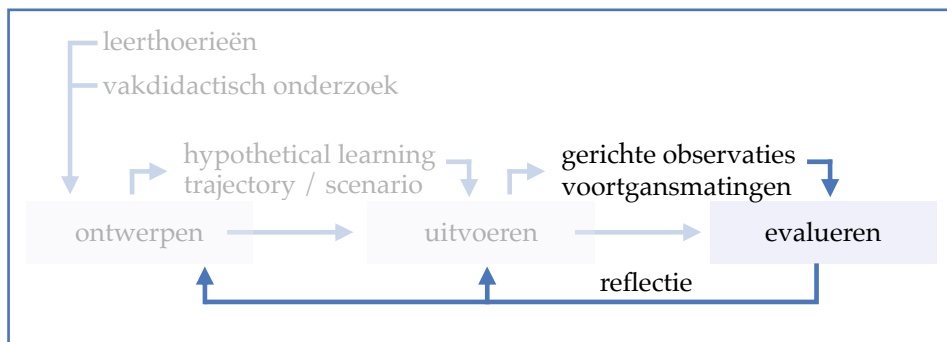


Figuur 8.4.e Het gebruik van onderzoeksinstrumenten tijdens de uitvoeringsfase vormt een inbreng in de evaluatiefase.

Evalueren

In de evaluatie kijken we naar de onderzoeksvraag, die bij ontwikkelingsonderzoek ongeveer luidt: “In hoeverre verloopt het onderwijsleerproces in de lespraktijk zoals verwacht volgens het scenario?”

De evaluatie van het ontwerp is al gestart in de ontwerp- en uitvoeringsfase. Nu kijk je in detail naar het verloop. Liggen de verschillen tussen verwachting en uitvoering aan toevallige omstandigheden, aan gebreken in de uitvoering, aan de vorm en/of inhoud van de onderwijsactiviteiten, aan onrealistische verwachtingen in het scenario of aan structurele ontwerpfouten, zoals een onjuiste invulling van de didactische fasering. Er volgt een grondige vergelijking tussen het actuele en het gewenste/verwachte onderwijsleerproces met behulp van de gerichte observaties en voortgangsmetingen (inclusief de eindtoets) tijdens de uitvoering en een reflectie op die vergelijking: welke afwijkingen zijn gesignaleerd, hoe ‘ernstig’ zijn die afwijkingen, hoe zijn die afwijkingen te verklaren en welke mogelijkheden zijn er om die afwijkingen – naar beargumenteerde verwachting – te verhelpen? Deze reflectie is het startpunt voor een nieuwe ronde van ontwerpen, uitvoeren en evalueren.



Figuur 8.4.f Reflectie op de onderzoeksresultaten vormt een inbreng in een volgende cyclus van ontwerpen, uitvoeren en evalueren.

Het heeft in dit stadium nog geen zin om het ontwerp te toetsen door middel van een pre- en posttest benadering met een experimentele groep (die met het nieuwe ontwerp werkt) en een controlegroep (die 'traditioneel' onderwijs krijgt). Pas als het scenario het verloop van de lessen redelijk accuraat voorspelt en in voldoende mate anticipeert op de reacties van de leerlingen op het onderwijsaanbod, kan het ontwerp worden geïmplementeerd met de aantallen leerlingen die nodig zijn om statistisch significante meetresultaten te realiseren. Bij ontwikkelingsonderzoek in de lespraktijk is een dergelijke toetsing niet nodig; het gaat erom dat het ontwerp uiteindelijk goed genoeg is. Dat is vast te stellen met een kleine groep leerlingen op grond van de gerichte observaties, de voortgangsmetingen en de eindtoets. Over zo'n ontwerp dat 'goed genoeg' is, kun je publiceren in bijvoorbeeld NVOX – zodat collega's ervan kunnen profiteren. En ten slotte: de opgedane ervaringen met ontwikkelingsonderzoek zijn bruikbaar voor het ontwerpen van onderwijs over nieuwe onderwerpen, al moet daarbij wel bedacht worden dat de onderwijsactiviteiten bij zo'n nieuw ontwerp altijd onderwerpspecifiek zullen zijn en daardoor opnieuw een vergelijkbaar ontwikkelingsonderzoek zullen vergen.

Met het uitgevoerde ontwikkelingsonderzoek is het ontwerp veranderd van *research-informed* in *research-based* (Millar et al, 2006), voor zover dat laatste binnen de mogelijkheden ligt van een leraar die 'gewoon moet lesgeven'.

Vakdidactisch ontwerpen en onderzoeken

De ontwerpfase bij *vakdidactisch onderzoek* in de vorm van ontwikkelingsonderzoek is nauw verbonden met het vakdidactisch ontwerpen (zie paragraaf 8.3) als aanpak van een in de lespraktijk gesignaleerd probleem of gevoelde behoefte. In beide gevallen is het startpunt een *probleemverkenning*: wat is het probleem, hoe weten we dat, wat zijn de mogelijke oorzaken en wat zijn de mogelijke oplossingen? De bij de ontwerpfase van ontwikkelingsonderzoek genoemde verkenning van leertheorieën en vakdidactisch onderzoek heeft dan als functie het verhelderen van het probleem, het vaststellen van het beoogde effect van een interventie en het opdoen van inspiratie voor een mogelijke interventie. Dat laatste is verder uit te werken in de vorm van een ideeëntabel met mogelijke invullingen van een ontwerp, gevolgd door een keuze van een kansrijk geachte invulling daarvan. Daarna volgt het eigenlijke ontwerpen, het uitvoeren van dat ontwerp in de eigen lespraktijk en het evalueren van zowel het ontwerp als de uitvoering.

Deze opzet volgt de eerder geschetste vakdidactische *ontwerpcyclus*, maar dan ondersteund door systematisch onderzoek bij het ontwerpen, uitvoeren en evalueren. Deze aanpak wordt daarom wel *ontwerpgericht praktijkonderzoek* genoemd.