

4 Lessenseries

4.1 Inleiding

Het vorige hoofdstuk gaf een antwoord op de vraag hoe je de verschillende lesonderdelen (zoals de introductie van een nieuw (deel)onderwerp, het aanbieden van de leerstof, het stellen van vragen, het (laten) maken en bespreken van opgaven en verschillende werkvormen die daarbij kunnen worden ingezet) op een verantwoorde manier combineert tot theorie- en practicumlessen. In dit hoofdstuk gaat het – in vervolg daarop – om het combineren van die lessen tot lessenseries. Daarbij maken we onderscheid tussen twee soorten lessenseries: de *cursorische lessenserie* en de *projectmatige lessenserie*. Beide soorten lessenseries zijn van belang voor natuurkundeonderwijs waarin naast het leren van basiskennis en basisvaardigheden ook aandacht is voor het leren van hogere-orde vaardigheden zoals onderzoeken en ontwerpen.

De *centrale vraag* voor dit hoofdstuk is: hoe combineer je de verschillende lessen op een verantwoorde manier tot cursorische en projectmatige lessenseries?

Kenmerken lessenserie

- activerend en motiverend voor de leerlingen
- een startactiviteit voor de lessenserie als geheel, en in elke les een motiverende prikkel
- variatie in lessesoorten zoals theorielessen en practicum- of praktijklessen
- in theorielessen minstens 40% zelfwerkzaamheid
- variatie in werkvormen, en minstens twee bijzondere activiteiten
- goed gekozen kernactiviteiten
- duidelijke opbouw van de lessenserie als geheel
- duidelijke opbouw in onderdelen van de afzonderlijke lessen
- activerende vormen van huiswerk nabespreken
- extra activiteiten voor de snelle leerlingen
- voortgangstoetsing tijdens de lessen en halverwege de lessenserie
- een toetsvoorbereidende les
- een theorietoets en eventueel een practicumtoets als eindtoets

Figuur 121 – Mogelijke kenmerken van een cursorische lessenserie.

4.2 Cursorische lessenserie

Een cursorische lessenserie bestaat uit de volgende onderdelen: introductie, theorielessen (zie paragraaf 3.2), practicumlessen (zie paragraaf 3.3), tussentoets en eindtoets. In deze onderdelen kunnen ‘bijzondere activiteiten’ voorkomen, zoals een startactiviteit, spel, simulatie, samenwerkend leren, quiz en toetsvoorbereiding.

Een leraar maakt voor een cursorische lessenserie vaak een studiewijzer op basis van het leerboek. De informatie wordt gestructureerd aangeboden door uitleg en leerteksten. De leerling verwerkt dit door het maken van opgaven en opdrachten. De leerdoelen zijn vooral gericht op basiskennis en basisvaardigheden. De mogelijke kenmerken van zo’n lessenserie staan in figuur 121.

In deze paragraaf geven we eerst vijf uiteenlopende voorbeelden van de opzet van een cursorische lessenserie: de *traditionele* lessenserie en lessenseries met *variatie in kernactiviteiten*, met een *probleemgeoriënteerde* aanpak, met *flipping the classroom* en met *taakwerk*. Daarna gaan we achtereenvolgens in op het omgaan met verschillen tussen leerlingen ofwel *differentiatie*, de *studiewijzer* en de toetsing van basiskennis en basisvaardigheden met een *theorietoets* en een *practicumtoets*.

4.2.1 Opbouw lessenserie

Traditionele lessenserie

Een traditionele cursorische lessenserie heeft als kern een aantal theorielessen met een eerder geschetste standaard-lesopzet (zie paragraaf 3.2.2, figuur 91). De leerstof voor dergelijke theorielessen is een paragraaf met opgaven uit het leerboek. De lesopzet heeft een HIWA-structuur: huiswerk nakijken/bespreken (zelfwerkzaamheid leerlingen), introductie nieuwe leerstof (leraar), werken aan opgaven over de geïntroduceerde leerstof (zelfwerkzaamheid leerlingen) en afronding van de les (leraar). Naast die theorielessen bestaat de lessenserie uit een introductieles met een startactiviteit, enkele bijzondere activiteiten, een of meer practicumlessen, de toetsvoorbereiding en een eindtoets. Het draaiboek van zo’n lessenserie ziet er dan uit zoals in figuur 122.

Les	Lesindeling (globaal)	Toelichting
1	Introductieles met startactiviteit	
2	Theorieles	
2 → 3	Huiswerk: leren van theorie en maken van opgaven	
enz	Enkele bijzondere activiteiten en practicumles(sen)	
6	Theorieles	
7	Toetsvoorbereiding	
8	Eindtoets	

Figuur 122 – Globaal draaiboek van een traditionele cursorische lessenserie.

Lessenserie met variatie in kernactiviteiten

De uit vier lessen bestaande cursorische lessenserie *Geluid horen en maken* is ontleend aan het boek *Natuur- en scheikunde in de basisvorming*. Deze lessenserie heeft als kenmerk dat elke les een andere *kernactiviteit* heeft volgens de leerproces van Kolb: meemaken en waarnemen, reflecteren en bestuderen, toepassen en testen, en uitproberen en uitzoeken. Figuur 123 geeft per les de *titel*, de *richtvraag* en de inhoud in *kernwoorden*.

Les	Titel en richtvraag	Kernwoorden
1	Geluiden horen Welke eigenschappen heeft geluid?	<ul style="list-style-type: none"> geluidssterkte (dB), toonhoogte (Hz) dB- en Hz-ladder lezen gehoorgrenzen opmeten
2	Het beschadigde gehoor Hoe werkt het gehoor?	<ul style="list-style-type: none"> bouw van het oor gehoorschade, normen voor geluidsoverlast informatiebronnen raadplegen
3	Lawaai isoleren Welke maatregelen kun je nemen om lawaai te isoleren?	<ul style="list-style-type: none"> isolatiemaatregelen model: bron-medium-ontvanger medium voor geluid isolatie-experiment voorbereiden en uitvoeren
4	Geluidsoverlast Wanneer is er sprake van geluidsoverlast?	<ul style="list-style-type: none"> normen voor geluidsoverlast beargumenteerde mening geven

Figuur 123 – De globale inhoudsopbouw van de lessenserie *Geluid horen en maken*.

In figuur 124 is deze globale inhoudsopbouw van de lessenserie uitgewerkt tot een (nog globaal) draaiboek, met voor elke les een karakterisering van de kernactiviteit. Dit draaiboek geeft niet alleen de inhoud van de lessen en de didactische verantwoording daarvan, maar ook de inhoud van de lesovergangen.

Les	Lesindeling (globaal)	Toelichting
1	Geluiden horen Kernactiviteit: meemaken en waarnemen Startactiviteit: geluiden-quiz (welk geluid is het?). Kennisnemen van het lesprogramma. Huiswerk noteren. Kennis over en ervaringen met geluid verwoorden en uitwisselen (geluid, lawaai, gehoor, geluidssterkte, toonhoogte). Kennis nemen van dB- en Hz-ladder. Oefenen met dB- en Hz-ladder. Luisteren naar samenvatting.	Oriënteren op het onderwerp, motiveren, kennis-maken met het verschijnsel. Oriënteren op het onderwerp en het programma van de lessenserie en de les. Voorkennis activeren en eigen ervaringen uitwisselen. Verwerven van nieuwe kennis. Verwerken van nieuwe kennis. Verwerken van nieuwe kennis.

1 → 2	<p>Huiswerkopdracht Paragraaf nalezen en de opgegeven vragen maken. Lees het uitgedeelde artikel over geluidshinder in discotheken en beantwoord de volgende twee vragen:</p> <p>a Welke schade kan discomuziek veroorzaken aan je gehoor? b Welke maatregelen zouden getroffen moeten worden om de schade te beperken?</p>	<p>Verwerken en toepassen van het geleerde. Oriënteren op het nieuwe onderwerp: Geluidshinder.</p>
2	<p>Het beschadigde gehoor Kernactiviteit: reflecteren en bestuderen Rapporteren over de huiswerkopdracht. Luisteren naar demo-bandje (hoog-laag, hard-zacht, klank).</p> <p>Kennisnemen van het lesprogramma. Huiswerk noteren. Videoles kijken en kijkvraag beantwoorden. Informatie verzamelen en verwerkingsvragen beantwoorden. Groepsresultaten presenteren.</p>	<p>Verwerken van het huiswerk. Motiverende activiteit: ervaren van verschillende geluiden, verwerken van het geleerde. Oriënteren op het onderwerp en het programma van de les. Nieuwe informatie verwerven.</p> <p>Verwerken en verdiepen van kijkvragen.</p>
2 → 3	<p>Huiswerkopdracht Voer de volgende twee opdrachten uit:</p> <p>a Zoek bij jou in de buurt naar situaties waarbij de geluidsterkte boven de norm van 80 dB komt. Informeer ook bij je ouders of anderen naar beroepssituaties die gevaarlijk zijn voor het gehoor. Welke maatregelen worden daar getroffen? b Maak een lijstje van maatregelen om een huis te beschermen tegen verkeerslawaaai.</p>	<p>Toepassen in de eigen omgeving in een nieuwe situatie.</p> <p>Oriënteren op het nieuwe onderwerp: Lawaai isoleren.</p>
3	<p>Lawaai isoleren Kernactiviteit: toepassen en testen Rapporteren over de huiswerkopdracht. Demonstraties bekijken (wekker onder water, bel onder vacuüm klok, blikjestelefoon). Kennisnemen van het lesprogramma. Huiswerk noteren. Luisteren en kijken naar de uitleg van het model van het oor. Experimenten voor isolatie-onderzoek voorbereiden (opstelling: toongenerator met luidspreker en dB-meter). Waarnemingen noteren en verwerken.</p> <p>Groepsresultaten rapporteren.</p>	<p>Verwerken van het huiswerk. Motiverende activiteit: informatie verwerven over lawaai isoleren. Oriënteren op het onderwerp en het programma van de les. Informatie verwerven over de bouw van het oor. Toepassen van het geleerde in een eigen experiment (het geleerde verifiëren). Oefenen in het omgaan met apparaten, verwerken van de meetresultaten. Verdiepen van de meetresultaten.</p>
3 → 4	<p>Huiswerkopdracht Paragraaf nalezen en de opgegeven vragen maken.</p>	<p>Verwerken en toepassen van het geleerde.</p>
4	<p>Geluidsoverlast Kernactiviteit: uitproberen en uitzoeken Rapporteren over de huiswerkopdracht. Kennisnemen van het lesprogramma Huiswerk noteren. Kennisnemen van de lesopdracht ‘Denk aan de burens’ (stel een advies op voor herriemaker en klager). Informatie verzamelen via schriftelijke vragen aan de leraar. Argumenten verzamelen. Mening weergeven op flap. Groepsresultaten rapporteren.</p>	<p>Verwerken van het huiswerk. Oriënteren op het onderwerp en het programma van de les. Toepassen van kennis bij het maken van een product.</p> <p>Verwerken van de verzamelde informatie. Verdiepen van de beargumenteerde mening.</p>

Figuur 124 – Het globale draaiboek voor de lessenserie *Geluid horen en maken*.

Probleemgeoriënteerde lessenserie

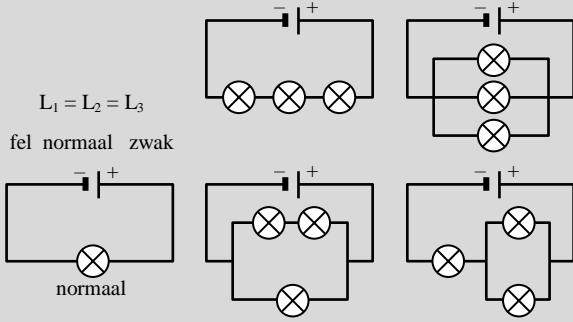
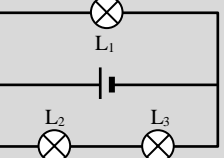
Probleemgeoriënteerd leren is een didactische aanpak die voor het natuurkunde-onderwijs antwoord probeert te geven op de volgende vragen.

- Hoe inventariseer en activeer je de voorkennis (waaronder leerlingdenkbeelden), en hoe sluit je bij die voorkennis aan?
- Hoe zorg je ervoor dat leerlingen tijdens het leren overzicht houden over de inhoudelijke lijn van een hoofdstuk?
- Hoe zet je activerende werkvormen in: ‘denken-delen-uitwisselen’ om leerlingen te laten nadenken over hun probleemaanpak, en ‘experts’ voor de afronding van een hoofdstuk en voor de toetsvoorbereiding?

Een probleemgeoriënteerde lessenserie bestaat uit een aantal theorielessen met een structuur zoals in het voorbeeld van figuur 125.

Probleemgeoriënteerde theorieles – Theorielessen beginnen steeds vaker met het stellen van leerdoelen voor de leerlingen. Dit geeft leraren en leerlingen een gerichte focus op de kern van de les. Er is ook een nadeel: de doelen aan het begin van de les bevatten vaak de kernbegrippen die pas gedurende de les worden begrepen. Dat betekent dat leerlingen de doelen aan het begin van de les vaak (nog) niet kunnen begrijpen.

Een alternatief voor deze oriëntatie op het leren is een probleemgeoriënteerde formulering van de leerdoelen met een instap. Bijvoorbeeld: “Je leert hoe je lampjes kunt aansluiten op een spanningsbron.” De instap kan bestaan uit het doen van voorspellingen over vier verschillende schakelingen van drie lampjes. Als controle op het leren kunnen resultaatgerichte leerdoelen met kernbegrippen dienst doen. Bijvoorbeeld: “Je kunt herkennen of lampjes in serie of parallel geschakeld zijn.” Daarin zijn serie en parallel de nieuw geleerde kernbegrippen.

Lesonderdeel		Toelichting															
Je leert	op welke manieren je drie lampjes kunt aansluiten op een spanningsbron en hoe fel ze dan branden.	<p>Richtvraag</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesteld in termen van voorkennis zonder onbekende begrippen. • Leerlingen begrijpen de vraag maar het antwoord nog niet. • Voor het antwoord is nieuwe leerstof nodig. 															
Instap	<p>Vier schakelingen van drie lampjes. Voorspellen van zwak, normaal en fel; losdraaien van lampjes.</p>  <p>$L_1 = L_2 = L_3$</p> <p>fel normaal zwak</p> <p>normaal</p>	<p>Functie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stelt het onderwerp. • Inventariseert voorkennis. • Roept verklaringsbehoefte op. 															
Kernbegrippen	<p>Serieschakeling van lampjes of apparaten; één stroomkring; dezelfde stroom; spanning verdelen.</p> <p>Parallelschakeling van lampjes of apparaten; meerdere stroomkringen; dezelfde spanning; stroom verdelen.</p> <p>Spanningsbron en stroombron</p>	<p>Nieuwe leerstof met kernbegrippen nodig om de richtvraag te beantwoorden.</p>															
Je kunt	<p>omschrijven wat serie- en parallelschakelingen zijn en voorbeelden, overeenkomsten en verschillen noemen;</p> <p>uitleggen dat spanningsbronnen een vaste spanning hebben, maar een veranderlijke stroom;</p> <p>uitleggen dat stroombronnen een vaste stroom hebben, maar een veranderlijke spanning.</p>	<p>Wat leerlingen kennen en kunnen met gebruikmaking van de geleerde kernbegrippen.</p>															
Checkvraag	<p>Wat verandert er als je een lampje losdraait? Vul de tabel in. Kies: uit, zwak, normaal of fel.</p>  <table border="1" data-bbox="675 1765 1002 1910"> <thead> <tr> <th>L₁</th> <th>L₂</th> <th>L₃</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>normaal</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>los</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>los</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>los</td> </tr> </tbody> </table>	L ₁	L ₂	L ₃	normaal			los				los				los	<p>Check van het begrip, bij voorkeur met een zichtbaar resultaat, zodat snelle feedback mogelijk is.</p>
L ₁	L ₂	L ₃															
normaal																	
los																	
	los																
		los															

Figuur 125 – Opbouw van een probleemgeoriënteerde theorieles over schakelingen.

De in figuur 126 weergegeven lessenserie geeft een probleemgeoriënteerde benadering van een bestaand hoofdstuk uit een leerboek, in dit geval over het onder-

werp elektriciteit. Daardoor liggen de inhoud en de volgorde van de leerstof vast. De bouwstenen van zo'n benadering, zoals die aan het hoofdstuk in het leerboek worden toegevoegd, zijn *hoofdstukvragen* in de inleidende paragraaf, een *instapprobleem*, *paragraafvragen*, *kernbegrippen* en een *toepassingsprobleem* in de daarop volgende leerstofparagrafen, en een *samenvatting* en *toetsvoorbereiding* in de afsluitende paragraaf. Voor het verwerken van de leerstof wordt een selectie uit de oefenopgaven in het leerboek gebruikt.

Bouwstenen	Uitwerking
1 Inleiding	
Hoofdstukvragen	<ul style="list-style-type: none"> 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	
Instapprobleem	<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?
Kernbegrippen	<ul style="list-style-type: none"> Schakelingen: stroomkring, stroombehoud, weerstand, wet van Ohm. Huisinstallatie: fasedraad, nuldraad, aarddraad, overbelasting, kortsluiting, brandgevaar, aanrakingsgevaar, isolatie en dubbele isolatie, aarding en randaarde, groepenkast met zekering en aardlekschakelaar.
Oefenopgaven	
Toepassingsprobleem	<ul style="list-style-type: none"> Waarom kan de aarding van huizen van voor 1950 ondeugdelijk zijn?
3 Serie- en parallelschakeling	
Instapprobleem	<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?
Kernbegrippen	<ul style="list-style-type: none"> Stroomsplitsing, spanningsdeling, wet van Ohm, vervangingsweerstand.
Oefenopgaven	
Toepassingsprobleem	<ul style="list-style-type: none"> Hoe kun je met een schuifweerstand de spanning regelen?
4 Elektrische energie	
Instapprobleem	<ul style="list-style-type: none"> Wat gebeurt er als je een roodgloeiende metaaldraad 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?
Kernbegrippen	<ul style="list-style-type: none"> Vermogen, energie, weerstandsregel, warmte-evenwicht.
Oefenopgaven	
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	
Instapprobleem	<ul style="list-style-type: none"> Hoe ziet de ijkgrafiek er uit van een draaiweerstand die je gebruikt als hoeksensor?
Paragraafvragen	<ul style="list-style-type: none"> 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?
Kernbegrippen	<ul style="list-style-type: none"> Metaaldraad: weerstand afhankelijk van lengte, dwarsdoorsnede-oppervlak en soort metaal. Weerstand afhankelijk van temperatuur (PTC of NTC), licht (LDR) of richting (diode), sensorschakeling, ijkgrafiek.

Oefenopgaven	
Toepassingsprobleem	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe kun je een NTC-weerstand gebruiken als temperatuursensor?
6 Afronding	
Samenvatting	<ul style="list-style-type: none"> • De leerstof is na iedere paragraaf samengevat in een leerstofoverzicht. Nagegaan wordt of de hoofdstukvragen nu beantwoord zijn.
Toetsvoorbereiding	

Figuur 126 – De bouwstenen en de (globale) uitwerking daarvan in een probleemgeoriënteerde benadering van het onderwerp elektriciteit als aanvulling op het hoofdstuk *De elektrische huisinstallatie* in het leerboek.

De bouwstenen van een probleemgeoriënteerde lessenserie hebben een bepaalde inhoud en didactische functie.

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 didactische functie van de hoofdstukvraag 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 van figuur 126 is dat een demonstratie met onderwijsleergesprek, maar een instaprobleem kan ook worden vormgegeven met een discussieposter, een afbeelding, een verhaal, een brainstorm enzovoort.

Het instaprobleem heeft als didactische 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 leerlingen 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 en kernbegrippen – De vraag van het instaprobleem 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 zoals samengevat in de kernbegrippen. De paragraafvragen samen geven de verhaallijn van het hoofdstuk.

Oefenopgaven en toepassingsprobleem – Met de oefenopgaven (uit het leerboek) verwerken de leerlingen de leerstof. 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 didactische 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 2.6.1). 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 en toetsvoorbereiding – De functie van de samenvatting is terug-

kijken naar de hoofdstukvraag: is 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 127 die gaan over belangrijke delen van de leerstof, en daardoor dienst kunnen doen als toetsvoorbereiding. Het werken aan deze opdrachten is te structureren met bijvoorbeeld de werkvorm *experts* (zie paragraaf 2.6.2). 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.

Toetsvoorbereiding

- 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; 0,40A) en twee regelbare weerstanden. Ontwerp een schakeling waarbij beide lampjes op de juiste sterkte branden. Geef een toelichting waarom je schakeling goed werkt.

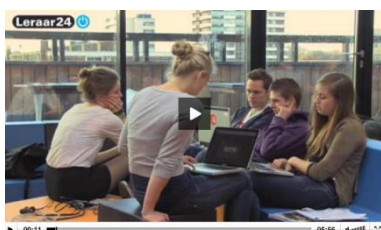
Figuur 127 – Een voorbeeld van een afsluitende toetsvoorbereiding.

Het is niet altijd mogelijk om te voldoen aan de eisen die aan de verschillende bouwstenen worden gesteld, doordat 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 126 bij 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.

Lessenserie met flipping the classroom

Het idee achter *flipping the classroom* is dat de leraar werkt met online gereedschappen om leerstof en opgaven, die normaal in de klas behandeld worden, buiten de les beschikbaar te maken voor de leerlingen. Online gereedschappen zijn bijvoorbeeld screencast-o-matic, twitter, googledocs, socrative en skype. De leerstofoverdracht wordt verplaatst naar het huiswerk. Leerlingen luisteren en kijken thuis naar de uitleg van de leerstof en de uitleg van een voorbeeldopgave. Daardoor komt er in de les meer ruimte voor interactieve werkvormen en bijzondere activiteiten.

De onderdelen van een theorieles volgens flipping the classroom zijn een verwerkingsactiviteit aan het begin van de les, werken in groepen in het middele deel van de les, een introductie op de nieuwe leerstof aan het eind van de les, en kennisclips voor de ondersteuning van het huiswerk (uitleg van de leerstof, uitleg van een opgave). Het draaiboek van een theorieles volgens flipping the classroom is weergegeven in figuur 129.



Figuur 128 – In deze [video-clip](#) op [leraar24.nl](#) vertelt Jelmer Evers, leraar op de Utrechtse school Unic, hoe hij flipping the classroom vormgeeft.

Huiswerk 20' ZW: I	Bestuderen van de video-uitleg van de nieuwe leerstof (voor de volgende les) en een voorbeeldopgave	Leerstof verwerven en verwerken
Tijdsplanning	Onderwijsactiviteiten van de leraar Leeractiviteiten van de leerlingen	Functie voor het leren
5' KW	Starten (leraar): <ul style="list-style-type: none"> • lesprogramma geven • huiswerk opgeven • beginsituatie peilen • terugkijken op het huiswerk (de leerstof voor deze les) 	Zicht geven op leerproces: <ul style="list-style-type: none"> • overzicht geven van de lesonderdelen • voorkennis ophalen • nieuwe leerstof koppelen aan al bekende leerstof

30' ZW: D/G	Opgaven maken (leerlingen en leraar): <ul style="list-style-type: none"> • maken en nakijken van oefenopgaven over de leerstof voor deze les 	Leerstof verwerken Oefenen van vaardigheden
5' KW	Afronden (leraar en leerlingen): <ul style="list-style-type: none"> • nabespreken van (geobserveerd) lastige aspecten van de gemaakte oefenopgaven • samenvatten leerstof voor deze les 	Leerstof verwerken
10' KW	Uitleggen (leraar): <ul style="list-style-type: none"> • introduceren van de nieuwe leerstof (voor de volgende les) vanuit een instaprobleem en richtvraag 	Zicht geven op leerproces
Huiswerk 20' ZW: I	Leren van de leerstof (van de vorige les), afmaken van de opgaven Bestuderen van de video-uitleg van de nieuwe leerstof (voor de volgende les) en een voorbeeldopgave	Leerstof herhalen, verwerken en verwerven

Figuur 129 – Standaard-lesopzet voor een theorieles met flipping the classroom. Bij de voorbereiding op de les kunnen de leerlingen – naast de video-uitleg – ook gebruik maken van de tekst in het leerboek.

Er zijn in een lessenserie volgens flipping the classroom meestal enkele bijzondere activiteiten zoals een startactiviteit, een simulatie, een practicum en/of een spel.

Lessenserie met taakwerk

Er zijn scholen die de lessen hebben opgebouwd vanuit *taakwerk* zoals bekend uit het Daltononderwijs. Om klassikale instructie overbodig te maken, zijn in de klas enkele computers beschikbaar met korte videoclips met uitleg van de leerstof en opgaven. Ook zijn de uitwerkingen van opgaven voor leerlingen beschikbaar. De taken kunnen bestaan uit bestuderen van leerstof, bekijken van instructievideo's, maken en nakijken van opgaven, uitvoeren van practica en zoeken van bronnen. Er zijn taken die individueel worden uitgevoerd, of in twee- en viertallen. De leraar is vooral begeleidend bezig en geeft waar nodig aanvullende instructie of begeleiding, individueel of in kleine groepen. Leerlingen maken per week en per dag een planning.

Deze vorm van onderwijs vraagt om een uitgebreide ontwikkeling van taken, materialen en video's gedurende enkele jaren. Het resultaat is een klas met veel zelfwerkzaamheid, afwisselende leeractiviteiten en een intensieve gerichte begeleiding door de leraar.

4.2.2 Omgaan met verschillen

Leerlingen verschillen onderling wat betreft tempo en niveau. Dat zie je bijvoorbeeld terug in de cijfers voor een eindtoets. Die verschillen kunnen te maken hebben met inzicht, maar ook met inzet. In de dagelijkse omgang met leerlingen zal de leraar hiermee rekening houden in de manier waarop hij hen benadert: de één heeft uitdaging nodig, de ander een bevestigend woord, en weer een ander een kritische vraag – zoals in de in figuur 130 geschetste lespraktijk. Je kunt daarbij kiezen tussen complimenteren of confronteren, bevestigen of bekritisseren, uitdagen of steunen, serieus of luchtig.

Ook in de les zijn er verschillen tussen leerlingen. Sommigen snappen het direct en willen graag verder, anderen hebben veel moeite zich de leerstof eigen te maken. Sommigen zijn heel ijverig en maken alle sommen, anderen hebben nooit hun huiswerk gedaan. Sommigen bestuderen eerst uitgebreid de theorie, anderen willen vrijwel direct met de opgaven aan de slag. Sommigen nemen steeds het initiatief, anderen 'lopen daar achteraan' – zoals in de in figuur 131 geschetste lespraktijk. Deze verschillen tussen leerlingen hebben betrekking op de manier van leren: de *leerhouding* (die afhangt van concentratievermogen, intelligentie, motivatie, sociale vaardigheden, zelfvertrouwen en doorzettingsvermogen), de voorkeur voor *informatiebronnen* (taalgericht of visueel gericht) en de voorkeur voor een bepaalde *leeraanpak* (meemaken en waarnemen, reflecteren en bestuderen, toepassen en testen, en uitproberen en uitzoeken).

Lespraktijk

Een leraar geeft de eindtoets terug. Bij de meeste leerlingen heeft hij wel een korte opmerking. "Goed gedaan" voor de leerling die nu een voldoende heeft maar anders vaak een onvoldoende. "Je kan beter" voor de leerling die nu een 6 heeft maar eigenlijk wel een 8 kan halen. "Prima werk" voor degene die zoals altijd een 9 heeft. "Wat is er aan de hand en kom je na de les even langs" voor de leerling die nu onverwacht een diepe onvoldoende heeft.

Figuur 130 – Een voorbeeld van omgaan met verschillen bij het teruggeven van de eindtoets.

Lespraktijk

Bij het practicum valt het de leraar op dat steeds dezelfde leerlingen de apparatuur bedienen en anderen de instructie voorlezen en schrijven. Dat is jammer, want nu leren de leerlingen eenzijdig. Hij besluit dat van nu af aan de taken bij het practicum rouleren. In het verslag moet staan wie de apparatuur bedient en wie leest en schrijft.

Figuur 131 – Een voorbeeld van omgaan met verschillen bij het doen van practicum.

De verschillen in interesse, inzicht, inzet of tempo zijn – naast het cijfer – belangrijke factoren bij bijvoorbeeld de advisering voor een profielkeuze.

Differentiatie

Rekening houden met verschillen is ook mogelijk door het aanbrenge van variatie in instap, werkvormen, bijzondere activiteiten en afronding. Dan is er sprake van *differentiatie*. Bij differentiatie laat je leerlingen verschillende activiteiten doen. Meestal is dat lastig te organiseren en vraagt het een goede voorbereiding van de benodigde leermiddelen.

Er zijn verschillende mogelijkheden om differentiatie vorm te geven: *gericht begeleiden*, *extra opdrachten* voor snelle leerlingen, verschillende *leerroutes* aanbieden, een *instructietafel* instellen en *gelaagde opdrachten* geven.

Gericht begeleiden – Als leerlingen zelf hun huiswerk nakijken of een deel van de les aan opdrachten werken, kun je gericht begeleiden op vragen en problemen die leerlingen aangeven. Ook kun je dan voor de klassikale bespreking opdrachten selecteren die leerlingen moeilijk vinden en gebruik maken van je observaties bij het begeleiden. Dit geldt natuurlijk helemaal als je de lessen hebt georganiseerd als werken aan taken.

Extra opdrachten – Tempoverschillen zijn op te lossen door extra opdrachten te geven aan de snelle leerlingen. Een bekend model is het model met leerstof voor basis, herhaling en verdieping/verbreding. Bij verdieping gaat het om meer theorie in aansluiting op de basisstof, bij verbreding om meer toepassingen van de basisstof. Een voordeel van dit model is de mogelijkheid van herhaling als de basisstof nog niet wordt beheerst. De snelle leerlingen kunnen dan verdiepings- of verbredingsstof doen. Een nadeel is dat het meestal dezelfde leerlingen zijn die de verdiepings- of verbredingsstof mogen doen, en dat deze extra stof door hen niet altijd als beloning wordt gezien.

Een alternatief voor het werken aan verdiepings- of verbredingsstof is aanvullend doorlopend parallelwerk, zoals een project waaraan leerlingen kunnen doorwerken als ze klaar zijn met de basisstof.

Leerroutes – Een andere mogelijkheid voor differentiatie is om bij de start van een hoofdstuk of paragraaf voor de betere leerlingen een andere route door de vraagstukken te maken dan voor de minder goede leerlingen. Om op deze manier te differentiëren verdeel je de opgaven in vier categorieën A, B, C en D, die verschillen in leeractiviteit en niveau zoals weergegeven in figuur 132.

Categorie	Soort opgave
A	Gericht op het onthouden van feitenkennis.
B	Gericht op het oefenen in situaties die vergelijkbaar zijn met de aanleersituaties.
C	Gericht op het toepassen in eenvoudige nieuwe situaties.
D	Gericht op het toepassen in complexe nieuwe situaties.

Figuur 132 – Vier categorieën voor het indelen van opgaven ten behoeve van differentiatie.

	A	B	C	D
Totaal	4	4	4	2
Route 1	4	4	2	
Route 2	0	2	4	2

Figuur 133 – Een voorbeeld van differentiatie met verschillende routes door de opgaven.

De opgaven in de categorieën C en D verschillen in het aantal denkstappen en in de afstand tussen theorie en toepassingssituatie. Een belangrijk hulpmiddel voor de leerlingen kan overigens zijn het toevoegen van hints aan een aantal ingewikkelde opgaven.

Na het op deze manier categoriseren van de opgaven van (bijvoorbeeld) een paragraaf definieer je twee routes door de opgaven zoals in figuur 133 (maar dan niet in aantallen maar met opgavennummers), met de eerste route voor de minder goede leerlingen en de tweede route voor de betere/snellere leerlingen. De keuze voor een route kan worden overgelaten aan de leerlingen zelf, maar de leerlingen kunnen ook door de leraar worden ingedeeld naar prestatie en naar keuze voor vervolgonderwijs.

Instructietafel – Differentiatie in instructie is te realiseren met het instellen van een instructietafel voor kleine groepen. Na de instructie kun je leerlingen vragen of aanwijzen voor een verlengde instructie aan de instructietafel.

Gelaagde opdracht – Een bijzondere vorm van differentiatie is leerlingen laten werken aan een gelaagde opdracht. Startpunt is een contextrijke opdracht zonder stappenplan. Variaties zijn dan bewerkingen van deze opdracht tot een context-arme opdracht en/of een opdracht met een stappenplan.

Leren van jongens en meisjes

Er zijn verschillen, maar ook overeenkomsten tussen het leren van jongens en meisjes. De tabel van figuur 134 brengt de gevonden voorkeuren in leergedrag van beide groepen in beeld, samen met hun positieve tegenhangers. Beide soorten leergedrag zijn nodig voor een volledig leerproces. Voorkeuren in leergedrag zal een ieder hebben, maar een eenzijdige voorkeur belemmert het leren.

Voorkeuren in leergedrag met positieve tegenhangers			
Eenzijdig	Positieve tegenhanger 1	Positieve tegenhanger 2	Eenzijdig
Jezelf overschatten	Bij uitdagingen het zelf willen doen	Bij uitdagingen steun zoeken	Jezelf onderschatten
Een eigen invulling geven aan de instructie	Eerst zelf proberen en dan de instructie lezen	De instructie van te voren lezen en dan de instructie volgen	Geen actie ondernemen zonder instructie
Een ander probleem oplossen dan het gevraagde	Bij een probleem gericht zijn op het zoeken van de oplossing	Bij een probleem gericht zijn op het beschrijven van de situatie	Problemen alleen kunnen oplossen door het volgen van de instructie
Vervallen in trial and error	Bij een complex probleem een globale lijn volgen	Bij een complex probleem stap voor stap werken volgens voorschrift	Niet af durven wijken van het voorschrift
Vasthouden aan de verkeerde weg	Zonder veel nadenken keuzes maken	Keuzes maken na uitgebreid overleg	Geen keuzes durven maken
De plank misslaan	In kritieke situaties vasthouden aan de koers	In kritieke situaties vasthouden aan het contact	Geen actie ondernemen
De strijd aangaan met de leider	Plezier beleven aan competitie	Plezier beleven aan solidariteit	Volgzaam zijn aan de leider
Teksten overslaan	Voorkeur voor visuele informatie	Voorkeur voor verbale informatie	Afbeeldingen overslaan
Conflicten leiden tot vechtpartijen	Bij conflicten een fysieke oplossing zoeken	Bij conflicten een verbale oplossing zoeken	Conflicten blijven doorzeuren
Tijdens het werk niet kunnen stilzitten	Tijdens het werk veel bewegen en fysiek contact	Tijdens het werk rustig zitten en verbaal contact	Veel gezellig kletsen en praten over eigen ervaringen
Afhaken bij slechte resultaten	Teleurgesteld zijn bij slechte resultaten	Uitgedaagd worden door slechte resultaten	Tomeloze inzet bij slechte prestaties
Geïsoleerd komen te staan	Onafhankelijk zijn van goede sociale contacten	Gevoelig zijn voor goede sociale contacten	Ondergedompeld zijn in sociale contacten
De docent uitdagen	Concurrerend naar de leider	Coöperatief naar de leider	De docent inpalmen
Brokken maken	Risico's durven nemen	Risico's vermijden	Je afschermen van nieuwe ervaringen
Te weinig contact	Oogcontact mijndend	Oogcontact zoekend	Te veel contacten
Weinig weten van andermans ervaringen en gevoelens	Uitwisselen opvattingen	Uitwisselen van ervaringen en gevoelens	Weinig weten van andermans opvattingen
Afkeer van verzorgen en inrichten	Voorkeur voor construeren en onderhouden	Voorkeur voor verzorgen en inrichten	Afkeer van construeren en onderhouden

Figuur 134 – Voorkeuren in leergedrag, met hun positieve tegenhangers.

Wat betreft de verschillen in leergedrag tussen jongens en meisjes zitten jongens gemiddeld vaker aan de linkerkant en meisjes gemiddeld vaker aan de rechterkant van figuur 134. Overigens moet hierbij worden aangetekend dat bij deze karakterisering van het leergedrag van jongens en meisjes de verschillen *binnen* de twee groepen vaak groter zijn dan de verschillen *tussen* de twee groepen, en dat elke leerling vooral als individu moet worden gezien.

Een deel van de voorkeuren in leergedrag van jongens en meisjes komt overeen met de indeling in een *actieve leeraanpak* (kenmerk: toepassen en testen, uitproberen en uitzoeken) en een *reflectieve leeraanpak* (kenmerk: meemaken en waarnemen, overdenken en bestuderen). Het bijbehorende leergedrag is in de tabel van figuur 134 donkergrijs gemarkeerd.

Door als leraar te variëren in doceerstijl worden leerlingen regelmatig aangesproken op hun favoriete leergedrag, maar ook uitgenodigd om een ander dan hun favoriete leergedrag te gebruiken en te leren. Dat vergroot hun lerend vermogen. Dit is, zowel voor jongens als meisjes, onder andere te bereiken door rekening te houden met de volgende punten.

- Zorg bij de leeractiviteiten voor variatie in werkvormen, voor activerende werkvormen en voor competitieve elementen.
- Kies bij groepswork voor gemengde groepen en een roulerende taakverdeling binnen die groepen.
- Zorg voor een positieve benadering, voor structuur en duidelijkheid, voor uitlokken van reflectie, voor begeleiden bij het plannen en organiseren, en voor ruimte voor humor.

4.2.3 Studiewijzer

Een leerboek biedt meestal meer leerstof, activiteiten en opdrachten dan passen in de beschikbare lessen. De auteurs van een leerboek gaan ervan uit dat de leraar een verantwoorde keuze maakt. Die keuzes komen tot uitdrukking in de *studiewijzer* die het leerproces van de leerlingen aanstuurt.

Bij het opstellen van een studiewijzer maak je een aantal didactische keuzes door antwoord te geven op (onder andere) de volgende vragen.

- Welke keuzes maak je wat betreft leerstof, opgaven, practica, eindopdracht, ict, en toetsing? En hoe verdeel je die over de beschikbare lessen?
- Welke paragrafen doe je in de theorielessen? En wat doe je als huiswerk ter voorbereiding op en ter verwerking van de theorieles? Hoe deel je de theorieles in?
- Welke practica doe je in de practicumlessen? Wat doe je als huiswerk ter voorbereiding op en ter verwerking van het practicum?
- Hoe vaak geef je een tussentoets en wat wil je toetsen op de eindtoets? Welke leerdoelen wil je halen met deze lessenserie? Hoe zijn deze doelen verdeeld over kennis en inzicht, vaardigheden en werkwijze?
- Hoe verzorg je het aanleren voor de leerlingen? Welke werkvormen hanteer je daarbij? Hoe verzorg je het verwerken voor de leerlingen? Welke werkvormen gebruik je daarvoor?
- Welke ondersteunende werkvormen en leermiddelen ga je gebruiken (demonstratie, video, simulaties, spel)?
- Hoe sluit je aan op wat leerlingen al kennen en kunnen? Welk soort startactiviteiten ga je gebruiken?
- Welke vormen van samenwerkend leren ga je gebruiken en waarvoor?

Sturingsinstrument

Studiewijzers kunnen verschillen in vorm en inhoud. Een studiewijzer is in feite een verzamelnaam voor alle mogelijke vormen van aansturing van het leerproces. Andere namen zijn de *planner*, de *werkwijzer* of de *studiehandleiding*. Het spectrum loopt van wekenschema's met leerlingtaken die door de leraar zijn geprogrammeerd tot modulehandleidingen met leerstofverantwoording, studeeraanwijzingen en keuzemogelijkheden. De volgende zaken zijn gemeenschappelijk: wekenschema's met opdrachten en toetsmomenten, een aanduiding van wat de leraar en wat de leerling doet en wat thuis en wat waar op school gebeurt, tips gericht op de wijze van aanpak, (soms) een aanvulling met hoeveel tijd iets kost, de periode waarin een opdracht klaar moet zijn, en (soms) een oriëntatie op en een beschrijving en verantwoording van de leerstof.

In deze paragraaf hanteren we de volgende werkdefinitie: een studiewijzer is een *sturingsinstrument* dat een leerling in staat stelt de leerdoelen te bereiken, in

actieve samenwerking met zijn leraar en medeleerlingen. Dit sturingsinstrument kan een gedrukt of een elektronisch document zijn, en indien gewenst onderdeel uitmaken van een plannings- en registratiesysteem en/of van een tele-leerplatform.

Hoe de ideale studiewijzer eruit ziet, hangt af van de visie van de school op leren en onderwijzen. Scholen kunnen een eigen mix kiezen van frontaal lesgeven door de leraar, begeleide activiteiten door de leerlingen, en zelfwerkzaamheid en groepsopdrachten met de leraar op afstand. Elke studiewijzer vervult een aantal samenhangende planningsfuncties en structureert het handelen van leraar en leerlingen.

Voor de leraar heeft de studiewijzer de volgende planningsfuncties. De studiewijzer:

- geeft informatie over de leerstof, werkvormen, toetsing en samenhang, en ‘dwingt’ daarbij tot vooraf nadenken;
- legt de verantwoordelijkheid voor de voortgang van het leerproces (gedeeltelijk) bij de leerlingen;
- leidt tot een heldere tijdsplanning als houvast bij de voorbereiding en uitvoering van de lessen;
- bespaart op termijn werk: minder zoeken naar een lesplanning, snelle lesvoorbereiding, snelle afstemming met collega’s en minder discussie met leerlingen over de bedoeling van de lessen;
- maakt tijd vrij voor het observeren van leerlingen in de klas.

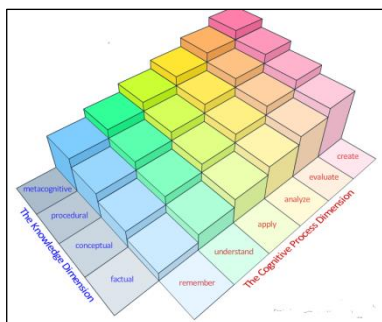
Voor de leerlingen heeft de studiewijzer de volgende planningsfuncties. De studiewijzer:

- biedt structuur en de mogelijkheid van een bewuste tijdsindeling;
- geeft inzicht in leerdoelen die dichtbij en veraf liggen;
- informeert hen over hun rechten en plichten;
- geeft hen meer verantwoordelijkheid voor het bereiken van de (eigen) leerdoelen;
- traint hen in vaardigheden die belangrijk zijn voor hun vervolgstudie en het functioneren in de samenleving;
- verbetert hun werkhouding;
- biedt meer mogelijkheden voor differentiatie.

Lespraktijk

Bij de profielkeuze maakt een leraar in de motivatie van zijn advies gebruik van het verschil tussen inzicht en inzet. Door de toetsen te analyseren op kennis of inzicht merkt hij grote verschillen in de klas. Sommige leerlingen hebben veel kennis maar weinig inzicht, andere hebben veel inzicht maar weinig kennis. Dat komt volgens hem goed overeen met de waargenomen inzet. Het blijft de vraag waarmee een leerling verder komt: met inzicht zonder inzet of met inzet zonder inzicht.

Figuur 135 – Toetsen analyseren op kennis en inzicht.



Figuur 136 – Matrix van kennisdomeinen en denkvaardigheden.

4.2.4 Theorietoets

Een lessenserie wordt afgesloten met een toets. Meestal is dat een toets over de theorie van een hoofdstuk uit het leerboek: een *theorietoets*. Een belangrijk onderdeel van zo’n theorietoets is – voor de leraar – het *correctievoorschrift*.

Leerdoelen

Om een goede toets te maken moet je weten welke leerdoelen je wilt toetsen. Meestal staan in schoolboeken leerdoelen geformuleerd, hetzij aan het begin van een hoofdstuk, hetzij aan het einde. Je kunt natuurlijk ook eigen leerdoelen stellen.

Beheersingsniveau

Om te kunnen bepalen op welk niveau de leerlingen de leerstof beheersen wordt vaak gebruik gemaakt van indelingen die ontleend zijn aan Bloom in de bewerking van Krathwohl-Anderson. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen vier soorten kennis van concreet naar abstract: feiten, concepten, procedures en metacognities. Voor elk van deze kennissoorten zijn er denkvaardigheden van eenvoudig naar complex: onthouden, begrijpen, toepassen, analyseren, evalueren en creëren. Daardoor ontstaat de in figuur 136 weergegeven matrix. In elk vak van die matrix worden de bijpassende leerdoelen geplaatst.

Voor toetsanalyse is dit een tamelijk complex model. Er zijn dan ook diverse vereenvoudigingen gemaakt, zoals weergegeven in figuur 137: RTTI, OBIT en OBTA.

RTTI	OBIT	OBTA
R Reproductie	O Onthouden	O Onthouden
T1 Toepassing in bekende situaties	B Begrijpen (kunnen toelichten met voorbeelden)	B Begrijpen
T2 Toepassing in nieuwe situaties	I Integreren (verbinden met andere leerstof)	T Toepassen
I Inzicht (verbinden van meerdere leerstofonderdelen; analyse van de situatie)	T Toepassen (gebruiken in een nieuwe situatie)	A Analyseren

Figuur 137 – Vereenvoudigde niveau-indelingen.

Geen van deze vereenvoudigde indelingen doet recht aan het door Krathwohl-Anderson gemaakte onderscheid in de dimensies kennisdomeinen en denkvaardigheden. Bovendien zijn de kennisdomeinen en denkvaardigheden niet specifiek voor het leren van natuurkunde. Een model met de onderstaande vier kennisdomeinen en drie beheersingsniveaus lijkt meer geschikt. Daardoor ontstaat de matrix van kennisdomeinen en denkvaardigheden van figuur 138.

Kennisdomeinen – Voor natuurkunde maken we onderscheid in vier kennisdomeinen.

A Objecten en verschijnselen, zoals faseveranderingen bij temperatuurverandering en soorten bewegingen weergegeven in diagrammen.

B Begrippen en regels, zoals kracht, energie, de wet van Ohm en de tweede wet van Newton.

C Procedurele vaardigheden: volgens stappenplannen kunnen handelen, bijvoorbeeld rekenen met een formule, aflezen van een grafiek, meten met een meetinstrument en bedienen van een apparaat.

D Karakteristieke werkwijzen: volgens een werkplan kunnen onderzoeken, modelleren, probleemoplossen, ontwerpen en waarderen.

Denkvaardigheden – We onderscheiden in ieder kennisdomein drie niveaus van denkvaardigheden in plaats van de zes bij Krathwohl-Anderson. Het gaat om het onderscheid tussen weten en doen volgens Marzano, en om het onderscheid tussen bekende en nieuwe situaties. De drie denkvaardigheden zijn dan weten (W), doen in bekende situaties (D1) en doen in nieuwe situaties (D2).

► Denkvaardigheid ▼ Kennisdomein	W Weten	D1 Doen in bekende situaties	D2 Doen in nieuwe situaties
A Objecten en verschijnselen	beschrijven	classificeren (groeperen), rangschikken, in tijdsvolgorde plaatsen	
B Begrippen en regels	betekenis en kenmerken omschrijven en voorbeelden noemen	toepassen en verbinden	
C Procedurele vaardigheden	stappenplan noemen	stappenplan uitvoeren en gebruiken	
D Karakteristieke werkwijzen	aanpak verwoorden	aanpak uitvoeren en gebruiken	

Figuur 138 – Matrix van kennisdomeinen en denkvaardigheden.

- 1 **Weerstand**
De spanning over een weerstand is $3,5 \Omega$. De stroomsterkte door die weerstand is $0,28 \text{ A}$. Bereken de weerstandswaarde.
- 2 **Kamerverlichting**
De lampen op je kamer geven niet allemaal evenveel licht. Toch zijn ze op dezelfde spanning aangesloten. Leg uit hoe dit kan.
- 3 **Lamp_1**
In de figuur is het verband tussen de spanning en de stroomsterkte van een lamp weergegeven. Op de lamp staat $60\text{W}; 230\text{V}$.
a Bepaal de weerstandswaarde van de lamp bij 100 V en 200 V .
b Leg het verschil uit.
- 4 **Lamp_2**
In de figuur is het verband tussen de spanning en de stroomsterkte van een lamp

weergegeven. Op de lamp staat 60W; 230V.
Licht toe of de stroomsterkte bij 50 V meer of minder dan de helft is in vergelijking met 100 V.

Figuur 139 – Voorbeelden van toetsopgaven in de verschillende cellen van de matrix van kennisdomeinen en denkvaardigheden: opgave 1 C/D1 (vaardigheid: invullen en berekenen met een bekende formule), opgave 2 B/D1 (eenvoudige toepassingsvraag), opgave 3 B/D2 (lastige toepassingsvraag) en opgave 4 D/D1 (complexe toepassingsvraag met probleemoplossen).

Moeilijkheidsgraad

De bovenstaande indeling in beheersingsniveau is niet hetzelfde als een indeling in moeilijkheidsgraad. De moeilijkheid van een opgave hangt van meer factoren af: de soort theorie (aantal begrippen en regels, abstractie en complexiteit van de begrippen en regels), de gevraagde aanpak (wel of niet een standaardaanpak, eenvoudige of moeilijke getallen, afstand tussen voorbeeld en regel), de soort toepassingsituaties (bekend of nieuw, complex of eenvoudig, herkenbaar) en het aantal (zelf) te nemen denkstappen.

► Moeilijkheidsgraad ▼ Aspecten	Eenvoudig	Tamelijk eenvoudig	Tamelijk complex	Complex
Leerstof (omvang en samenhang)	losstaande feiten uit één of meerdere domeinen	gebruiken van samenhangende kennis uit een klein domein	gebruiken van samenhangende kennis uit een groot domein	gebruiken van een combinatie van kennis uit meerdere domeinen
Situaties (wendbaarheid)	begrijpen van een bekende eenvoudige situatie	begrijpen van een enigszins bekende, eenvoudige situatie	begrijpen van een nieuwe eenvoudige situatie	begrijpen van een nieuwe complexe situatie
Beredeneren (aantal denkstappen)	geen denkstap	één denkstap	enkele zelfstandige denkstappen	meerdere zelfstandige denkstappen
Karakteristieke werkwoorden	definiëren omschrijven opnoemen opzoeken indelen rangschikken in tijdsvolgorde zetten	aantonen beargumenteren begrijpen bespreken (aan de hand van een concreet geval) bewijzen verklaren (in eigen woorden) voorbeelden geven	stappenplan noemen, uitvoeren en gebruiken oefenen en automatiseren	aanpak verwoorden, uitvoeren en gebruiken analyseren probleem oplossen verbanden leggen

Figuur 140 – Indeling van toetsopgaven naar moeilijkheidsgraad.

De tabel van figuur 140 geeft bij elk van de vier moeilijkheidsgraden een aantal karakteristieke werkwoorden. In toetsopgaven hebben werkwoorden een duidelijk omschreven betekenis: bereken, bepaal, leg uit, geef een voorbeeld van, geef een omschrijving van, zoek op in BiNaS. Bij het werkwoord ‘bereken’ wordt een volledige berekening gevraagd waarin alle stappen die tot het antwoord leiden terug te vinden zijn. En bij het werkwoord ‘bepaal’ gaat het vaak om iets als het gebruiken van gegevens uit een grafiek voor een berekening.

Toetsmatrijs

Een *toetsmatrijs* zoals die van figuur 141 is een tabel die een overzicht geeft van een te maken toets wat betreft leerinhoud en beheersingsniveau. Op de ene as staat de leerinhoud van de toets, bijvoorbeeld verdeeld in de kennisdomeinen A, B, C en D (maar hier kan ook worden gekozen voor onderwerpen, paragrafen of leerdoelen). Op de andere as staan de gevraagde denkvaardigheden W, D1 en D2 (maar hier kan ook worden gekozen voor de indeling in moeilijkheidsgraad).

In de cellen staan de toe te kennen percentages van de punten. Aan de totalen is te zien hoe de vragen gespreid moeten zijn over de kennisdomeinen en denkvaardigheden.

Specificatietabel

Voor de analyse van een toets wordt gebruik gemaakt van een specificatietabel

zoals die van figuur 142. Op de verticale as staan de deelvragen van de toets. Op de horizontale as staan achtereenvolgens de belangrijke kenmerken van de toets: de maximale score per deelvraag, de leerstofinhoud (bijvoorbeeld de leerdoelen of de paragrafen uit het leerboek), de kennisdomeinen (objecten en verschijnselen, begrippen en regels, procedurele vaardigheden en karakteristieke werkwijzen: A, B, C en D), de denkvaardigheden (weten en doen in bekende en nieuwe situaties: W, D1 en D2), de vraagvorm (kwantitatief en kwalitatief: KL en KN) en het vraagtype (meerkeuze, convergent en divergent: M, C en D).

In de tabel plaats je alle nummers van de deelvragen met de maximale score. In de cellen van de tabel zet je de punten van de deelvraag.

► Denkvaardigheden	W Weten	D1 Doen in bekende situaties	D2 Doen in nieuwe situaties	Totaal
▼ Kennisdomeinen				
A Objecten en verschijnselen	10	20	10	40
B Begrippen en regels	10	15	5	30
C Procedurele vaardigheden	10	5	5	20
D Karakteristieke werkwijzen	5	5	0	10
Totaal	35	45	20	100

Figuur 141 – Voorbeeld van een toetsmatrijs.

Vraagnummer	Maximale score	Leerstofinhoud						Denkvaardigheden				Kennisdomeinen				Vraagvorm		Vraagtype	
		1	2	3	4	5 [+]	6 [&]	W	D1	D2	A	B	C	D	KL	KN	M	C	D
1a																			
1b																			
1c																			
2a																			
2b																			
...																			
Totaal																			

Figuur 142 – Opzet van een specificatietabel.

Denkvaardigheden – In de karakterisering van de denkvaardigheden is sprake van toepassingsvragen in bekende en nieuwe situaties. Natuurkunde wordt zinnvoller als de leerstof wordt toegepast in authentieke en betekenisvolle praktijk-situaties. Om in nieuwe situaties te kunnen toetsen, zal steeds gezocht moeten worden naar nieuwe praktijksituaties die met natuurkundige theorie te begrijpen zijn. Dat valt niet altijd mee, omdat de praktijk vaak alleen globaal of in algemene zin te begrijpen is met deze eenvoudige theorie. Toch kun je niet steeds dezelfde praktijksituatie gebruiken, want dan geldt het niet als toepassen in een nieuwe situatie.

Vraagvorm – Bij een kwantitatieve opgave wordt gebruik gemaakt van het rekenen met formules. De redenering blijkt uit het weergeven van de berekening en het antwoord. Bij een kwalitatieve opgave wordt niet gerekend, maar geredeneerd met begrippen. Dit stelt enige eisen aan de schriftelijke taalvaardigheid van de leerlingen.

Vraagtype – Bij een gesloten vraag zijn de antwoordmogelijkheden voor de leerling vastgelegd. Voorbeelden zijn juist-onjuist-vragen, meerkeuzevragen en

koppelvragen. Bij een open vraag moet een leerling zelf het antwoord formuleren. Van belang zijn daarbij de redenering of de berekening, omdat daaruit de gedachtegang van de leerling blijkt.

Bij open vragen is verder nog een onderscheid te maken tussen convergente en divergente vragen. Bij een convergente vraag is er slechts één goed antwoord, bijvoorbeeld de uitkomst van een berekening. Bij een divergente vraag kunnen meerdere antwoorden goed zijn, bijvoorbeeld een redenering.

Toetskenmerken – Voor het vaststellen van de maximale score per vraag is het gebruikelijk om te rekenen met 1 punt per denkstap. In het algemeen wordt een spreiding van de leerstof over alle paragrafen nagestreefd. De gewenste spreiding over de beheersingsniveaus hangt af van de visie van de school en van de doelgroep. Veel gehanteerde percentages in de onderbouw zijn: vmbo 80% WD1 en 20% D2, havo 60% WD1 en 40% D2, en vwo 40% WD1 en 60% D2. Omdat het invullen van formules niet altijd het begrip toetst, wordt vaak een maximum van 60% gehanteerd voor kwantitatieve vragen. Meerkeuzevragen worden steeds vaker gebruikt, maar kunnen grote delen van de leerdoelen – zoals het geven van een redenering met samenhangende argumenten – niet toetsen. Daarom bijvoorbeeld maximaal 20% meerkeuzevragen.

Toetsanalyse

Een eenvoudige analyse van een toets kun je na afname in de klas uitvoeren door de *p-waarde* van de (deel)vragen te berekenen met behulp van een scorematrix zoals die van het voorbeeld in figuur 143.

► Vraag	1	2	3	4	5	6	7	Totaal
► Maximum score	3	5	8	3	4	3	4	30
▼ Leerling								
A	3	4	7	2	3	3	3	25
B	3	4	7	2	2	3	3	24
C	3	5	8	2	1	2	3	24
D	3	0	7	2	3	3	3	21
E	3	0	8	1	3	2	4	21
F	3	5	8	2	1	0	1	20
G	3	1	3	2	2	3	4	18
H	2	0	6	2	2	3	2	17
I	3	0	8	1	1	3	1	17
J	3	0	7	3	0	3	0	16
Gemiddelde	2,90	1,90	6,90	1,90	1,80	2,50	2,40	2,03
p-Waarde	0,97	0,38	0,86	0,63	0,45	0,83	0,60	

Figuur 143 – Voorbeeld van een scorematrix voor het bepalen van de p-waarde van de vragen.

p-Waarde – De p-waarde van elke vraag is de gemiddelde score van alle leerlingen op de vraag, gedeeld door de topscore op diezelfde vraag. Zo krijg je een p-waarde die ligt tussen 0 en 1. Hoe hoger de p-waarde is, des te gemakkelijker is de vraag.

Realiseer je wel dat in een goede toets gemakkelijke deelvragen zitten om onderscheid te kunnen maken tussen de lage cijfers, bijvoorbeeld tussen een 3 en een 4. En zo zitten er in een goede toets ook enkele moeilijke deelvragen om onderscheid te kunnen maken in de hoge cijfers, bijvoorbeeld tussen een 8 en een 9.

Cesuur – Een ander aspect van een toetsanalyse is het vaststellen van de *cesuur*. De cesuur, vastgesteld volgens een absolute norm, is het aantal punten dat een leerling die juist een voldoende waard is, volgens jou moet behalen. Gebruik voor de omzetting van de score in een cijfer de volgende twee vaste punten: een topscore krijgt een 10, de cesuur-score krijgt een 5,5.

Voor het bepalen van het cijfer voor de toets kunnen daarna de volgende formules worden gebruikt: $\text{cijfer} = (\text{score} / \text{maximum score}) \times 10$ of $\text{cijfer} = (\text{score} / \text{maximum score}) \times 9 + 1$.

Correctievoorschrift

Voor het nakijken van een toets maak je een *correctievoorschrift*. Zo'n correctievoorschrift bevat een gedetailleerde en correcte uitwerking van alle toetsvragen. De antwoorden worden verdeeld in denkstappen, aangegeven met bolletjes. Elk bolletje correspondeert met een punt, zodat duidelijk is hoe de punten voor een vraag worden verdeeld over de verschillende denkstappen. Karakteristieke zinnen in zo'n correctievoorschrift zijn: gebruikt de formule, geeft het antwoord, gebruikt de regel dat, bepaalt de gegevens uit de figuur, tekent dat, gebruikt het inzicht dat, concludeert dat en beargumenteert dat...

4.2.5 Practicumtoets

Een theorietoets na afloop van een hoofdstuk is 'traditie'. Maar het toetsen van kennis en begrip van de leerlingen kan ook voor een deel met een *practicumtoets*. Daarmee worden dan ook een aantal practicumvaardigheden van de leerlingen getoetst. In figuur 144 staat een voorbeeld van zo'n practicumtoets, in dit geval over het kunnen maken van elektrische schakelingen.

Practicumtoets Elektrische schakelingen		
<p>Benodigdheden</p> <ul style="list-style-type: none"> • drie lampjes • weerstand • spanningsbron (met vaste spanning) • twee drukschakelaars • schuifweerstand • spanningsmeter • stroommeter • snoeren 	<p>Paraaf leraar</p>	<p>Hieronder staan zes opdrachten over het maken van een elektrische schakeling. De benodigdheden voor deze opdrachten staan hiernaast.</p> <p>Bij elke opdracht doe je het volgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maak de schakeling, en teken het schakelschema van je schakeling in de antwoordruimte. • Laat je schakeling controleren door de leraar. Als je schakeling goed is, zet hij zijn paraaf. <p>Opdrachten</p>
<input type="checkbox"/>	<p>1 Maak een schakeling waarin drie lampjes even fel branden.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 50px;">Schakeling</div>
<input type="checkbox"/>	<p>2 Maak een schakeling waarin drie lampjes even fel branden, maar met een andere schakeling dan bij de eerste opdracht.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 50px;">Schakeling</div>
<input type="checkbox"/>	<p>3 Maak een schakeling waarin een lampje fel brandt en de andere twee lampjes zwakker branden.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 50px;">Schakeling</div>
<input type="checkbox"/>	<p>4 Maak een schakeling waarin je twee lampjes los van elkaar met een schakelaar aan en uit kunt doen. Neem in de schakeling een derde lampje op, dat alleen brandt als minstens een van de andere lampjes brandt.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 50px;">Schakeling</div>
<input type="checkbox"/>	<p>5 Maak een schakeling waarin je een lampje met een veranderende lichtsterkte kunt laten branden (zoals bij een lichtdimmer).</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 50px;">Schakeling</div>

6	<p>Maak een schakeling waarin je de spanning over en de stroomsterke in een weerstand kunt meten. Meet deze spanning en stroomsterkte, en bereken de waarde van de weerstand.</p> <p>Schrijf de resultaten van je metingen en berekening op in de antwoordruimte onder je schakeling.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Schakeling</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Berekening</div>
---	---	---

Figuur 144 – Voorbeeld van een practicumtoets.

Of het geven van een practicumtoets tot de mogelijkheden behoort, hangt af van het onderwerp van het hoofdstuk en de beschikbaarheid van practicummateriaal: zijn er voldoende opdrachten te bedenken, en is er voldoende practicummateriaal voor de leerlingen om die opdrachten uit te voeren?

Een practicumtoets zoals die van figuur 144 betekent veel werk voor de leraar tijdens de toets. Ook als de leerlingen in kleine groepen aan de toets werken, moet je als leraar bij elke groep een aantal keren (zes keer in het voorbeeld) een schakeling controleren. Daarvoor moet dan wel voldoende tijd zijn. Het aantal opdrachten in een practicumtoets is dan ook afhankelijk van het aantal leerlingen in de klas. Het voordeel is wel dat het voor de leerlingen weer eens een andere manier van toetsen is (afwisseling), en dat er ook vaardigheden mee worden getoetst die in een theorietoets meestal niet aan bod komen.

4.3 Projectmatige lessenserie

Cursorische lessenseries kunnen worden afgewisseld met projectmatige lessenseries. In een projectmatige lessenserie werken de leerlingen vooral zelfstandig in kleine groepen, heeft de leraar een begeleidende rol en is het leren samenwerken en leren onderzoeken of ontwerpen net zo belangrijk als het product. Een dergelijke lessenserie is gericht op het versterken van de motivatie en het bevorderen van de zelfwerkzaamheid, de denkactiviteit en de teamgeest van de leerlingen. Daarnaast kan zo'n lessenserie de frontale manier van lesgeven desgewenst doorbreken.

De projectmatige lessenserie heeft als onderdelen een startactiviteit met een oriëntatie op de eindopdracht, het maken van een werkplan voor de uitvoering van het project binnen de beschikbare tijd, het uitvoeren van (deel)activiteiten zoals ontwerpen en/of onderzoeken (bronnenonderzoek en/of experimenteel onderzoek), het houden van voortgangsbesprekingen en het afronden via het rapporteren en presenteren van de eindopdracht. De leerdoelen zijn enerzijds gericht op het gebruiken, verbreden en verdiepen van basiskennis en basisvaardigheden, anderzijds op het leren van ontwerpen en onderzoeken, en het leren rapporteren en presenteren.

Bij een project kan worden gedacht aan een meer of minder open praktische opdracht in de vorm van een experimenteel onderzoek of een technisch ontwerp (waaronder bijvoorbeeld ook het *sectorwerkstuk* voor de bovenbouw van vmbo-t) of een literatuuronderzoek zoals een *webquest*. Er is hierbij een onderscheid te maken tussen buitenschoolse projecten (met bijvoorbeeld onderzoek, interviews en/of sprekers buiten de school), binnenschoolse projecten (met vakkenintegratie of vakkencoördinatie) en vakprojecten (binnen één vak). Een project kan echter ook worden gezien als de afsluiting van een cursorische lessenserie in de vorm van een relatief open *eindopdracht* voor enkele lessen.

In deze paragraaf richten we ons vooral op vakprojecten. Eerst geven we een vijftal voorbeelden van de opzet van uiteenlopende projectmatige lessen en lessenseries: *onderzoekspractica*, *eindopdrachten*, *webquests*, *projectonderwijs* en het *sector/profielwerkstuk*. Daarna gaan we in op het leren van de leerlingen in projectmatige lessenseries en het beoordelen van projectwerk.

4.3.1 Opbouw lessenserie

Een project kan het beste gekarakteriseerd worden door de gehanteerde werk-

wijze. Een belangrijke keuze die de leraar maakt is de mate van openheid van het project. In elk van de hieronder beschreven fasen van het project kun je kiezen voor meer of minder structuur en/of inbreng van de leerling.

Introductie – In de introductie wordt het onderwerp van het project gekozen. Vaak is het een thema ontleend aan het dagelijkse leven dat de belangstelling van de leerlingen heeft. Ter introductie en als motivering kan bijvoorbeeld een film over het onderwerp worden getoond. De leerkracht vertelt de leerlingen wat een project is en waarom een project in dit geval een gewenste werkvorm is.

Probleemstelling – Wat voor vragen en ervaringen leven er bij de leerlingen? Welke vragen zijn (nog) onbeantwoord? Wat willen de leerlingen tijdens het project leren en hoe laten ze zien wat ze te weten zijn gekomen?

Keuze onderzoek en presentatie – Hier worden belangrijke keuzes gedaan over het uit te voeren onderzoek en de vorm waarin gepresenteerd gaat worden.

Draaiboek en taakverdeling – Welk doel hebben we voor ogen? Welke subdoelen kunnen gesteld worden? Wat voor opdrachten zijn mogelijk? Wie gaan die opdrachten uitvoeren? Wat is de taak van de leerkracht daarbij? Welke leer- en hulpmiddelen staan de leerlingen ter beschikking? Wat zijn de stappen die ze achtereenvolgens moeten zetten? Dit alles mondt uit in het opstellen van een 'draaiboek' waarin overzichtelijk de onderdelen en de taakverdeling vermeld staan.

Onderzoek – Allerlei activiteiten om antwoorden te vinden op de onderzoeksvragen.

Rapportage en presentatie – Het groepswerk resulteert in een product en een presentatie, zoals een tentoonstelling van werkstukken, een verslag, collage of plakboek, een discussiemiddag of een binnen- of buitenschoolse activiteit.

Evaluatie – Er vindt een beoordeling plaats van het eindresultaat en/of van wat de leerlingen geleerd hebben. Elke groep brengt klassikaal verslag uit. Hierna kunnen door middel van een klassengesprek de volgende vragen aan de orde komen, die zowel op het leerproces, het onderzoeksproces als het eindproduct betrekking hebben. Zijn de doelen bereikt? Zijn alle aspecten voldoende uit de verf gekomen? Zijn er leerervaringen opgedaan die niet direct met het project samenhangen? Waren alle leerlingen voldoende gemotiveerd en actief bezig? Hoe verliep het werken in groepen? Welke vervolgv activiteiten gaan we eventueel plannen?

Onderzoekspractica

Bij een onderzoekspracticum gaat het om een practicum van één of enkele lessen. In zo'n practicum gaat een leerling zelf een verschijnsel onderzoeken. De leerling werkt volgens een zelf opgesteld werkplan. Er is veel inbreng van de leerling bij het formuleren van de onderzoeksvraag, het maken van een opstelling, het controleren van de variabelen en het kiezen van de verslagvorm. Eerlijk onderzoeken door variabelen te controleren is van belang. Meestal wordt het werkplan eerst goedgekeurd door de leraar.

Het opdrachtenblad voor een onderzoekspracticum volgt de werkwijze bij een onderzoek: oriëntatie op het onderzoek, onderzoeksvraag formuleren, onderzoeksmethode vaststellen, metingen plannen en uitvoeren, gegevens verwerken, conclusie trekken, en onderzoek rapporteren en presenteren. Voorbeelden van onderzoekspractica staan in paragraaf 3.3 en 6.3.

Eindopdrachten

Een hoofdstuk kan worden afgesloten met een projectmatige eindopdracht van twee tot vier lessen. De eindopdracht bestaat uit de volgende onderdelen: oriëntatie op de opdracht en voorbereiden van het onderzoek, uitvoeren van het onderzoek en voorbereiden van de presentatie, en presenteren van de onderzoeksresultaten.

De voorbeelden van een eindopdracht in figuur 145 en 146 gaan over het verbruik van gas, water en elektriciteit, en over de vereisten bij een stralingsberoep. Bij de eindopdracht van figuur 145 hoort een opdrachtenblad voor de

leerlingen met aanvullende aanwijzingen. In deze eindopdracht is het onderwerp voor alle leerlingen hetzelfde, maar elke groep kiest zelf een variabele uit. De gegevens van alle groepen zijn dan nodig voor een goed eindresultaat. Het accent ligt op het verwerken en analyseren van gegevens. De presentatievorm ten slotte is voor alle leerlingen gelijk: een poster.

Site

Je kunt de leerstof van het hele hoofdstuk oefenen met de volgende activiteiten op de site:

- Puzzel
- Kenniskaart
- Samenvatting
- Werkbladen eindopdracht Verbruik van gas, water en elektriciteit
- Uitwerking toetsopdrachten

Eindopdracht

Verbruik van gas, water en elektriciteit

Hoeveel gas, water en elektriciteit een huishouden gebruikt hangt onder andere af van het soort huis, of van het aantal bewoners. In deze eindopdracht zoek je antwoord op de onderzoeksvragen:

- ▶ Hoe hoog was het verbruik van aardgas, water en elektriciteit bij jou thuis in een periode?
- ▶ Zijn de meetresultaten van andere leerlingen heel anders? Hoe komt dat?

Onderzoek

Tijdens het werken aan dit hoofdstuk heb je minstens twee keer gegevens verzameld over het verbruik van gas, water en elektriciteit bij je thuis. Je docent zorgt voor een overzicht waarin iedereen uit je klas de meterstanden noteert. Voor je onderzoek heb je dit overzicht nodig. Het verbruik kan afhangen van het soort huis (vrijstaand huis of appartement), de grootte van het huishouden en nog meer. Je noemt dit een variabele. Eerst kies je in overleg met je docent met je groepje een variabele en daarna zoek je uit of die variabele van invloed is op het verbruik.

Presentatie

Van het resultaat maak je een poster. Je brengt de variabele zoals huis of huishouden in beeld met een foto, een plaatje of een tekening. Daarna maak je een overzicht van je gegevens. Stel dat je als variabele gekozen hebt voor het aantal mensen per huishouden. Dan zet je bij elk verbruik het aantal mensen van dat huishouden. Tot slot formuleer je een conclusie.

Vaardig Variabelen en gemiddelden

Verbruik van gas, water en elektriciteit hangt af van het seizoen, van de gewenste binnentemperatuur, van het aantal bewoners van een huis, van het soort huis en nog veel meer. Dit zijn alle **variabelen** die het energieverbruik beïnvloeden. Hieronder staat een eenvoudige tabel van vier huishoudens met als variabele het soort huis: een vrijstaand huis of een appartement.

	gasverbruik in m ³	soort huis
leerling 1	24,0	vrijstaand huis
leerling 2	11,0	appartement
leerling 3	21,0	vrijstaand huis
leerling 4	12,0	appartement

Je vindt het **gemiddelde** verbruik door het gasverbruik van alle leerlingen op te tellen en te delen door het aantal leerlingen. Het gemiddelde verbruik is $(24,0 + 11,0 + 21,0 + 12,0)/4 = 17,0 \text{ m}^3$

Je kunt kijken of het soort huis invloed heeft door het gemiddelde uit te rekenen voor de vrijstaande huizen en voor de appartementen.

Gemiddeld gasverbruik vrijstaand huis $(24,0 + 21,0) / 2 = 22,5 \text{ m}^3$

Gemiddeld gasverbruik appartement $(11,0 + 12,0) / 2 = 11,5 \text{ m}^3$

Conclusie: het verbruik in een vrijstaand huis is veel hoger dan in een appartement.

Vaardig Poster maken

De poster maak je zo dat medeleerlingen hem begrijpen zonder verdere toelichting. Bij het maken gebruik je meestal het verslagblad. Maak de poster zo dat je hem van een afstand kunt lezen. Denk na over wat het belangrijkste is. Aandachtspunten bij een poster zijn

- korte teksten;
- veel beeld;
- begrijpelijk zonder toelichting.

Figuur 145 – Voorbeeld van een eindopdracht over het verbruik van gas, water en elektriciteit.

Site

Je kunt de leerstof van het hele hoofdstuk oefenen met de volgende activiteiten op de site:

- Puzzel
- Kenniskaart
- Samenvatting
- Werkbladen eindopdracht Een stralend beroep
- Uitwerking toetsopdrachten

Eindopdracht

Een stralend beroep

Er zijn veel mensen die in hun werk met radioactiviteit te maken hebben. Een stralingscontroleur kijkt of ergens niet te veel straling is en adviseert hoe je er veilig mee kunt werken. Je vindt stralingsmedewerkers op allerlei plaatsen: ziekenhuizen, mijnbouw, chemische industrie, kerncentrales, vliegvelden, boorplatforms. Je kunt het zo gek niet bedenken. Je bent medewerker van personeelszaken en je moet een stralingsmedewerker zien te vinden. De onderzoeksvraag is:

- ▶ Hoe ziet een wervende advertentie voor een stralingsmedewerker eruit?

Vaardig Advertentietekst schrijven

Een personeelsadvertentie heeft de volgende onderdelen:

- naam en logo van het bedrijf of instituut;
- korte omschrijving van het bedrijf of instituut;
- naam van de gevraagde functie;
- omschrijving van de functie met functie-eisen;
- nadere informatie en contactmogelijkheid.

De advertentie moet correct en wervend zijn.

Onderzoek

Je kiest met je groepje een bedrijf of instituut waar met straling wordt gewerkt. Je zorgt ervoor dat ieder groepje uit je klas een ander bedrijf of instituut kiest. Je krijgt de opdracht om een wervende advertentie te maken voor deze functie. Op internet zoek je uit welke eisen gesteld worden aan een stralingsmedewerker in jouw bedrijf of instituut. Voordat je de advertentie schrijft, zoek je met voorbeelden uit welke vorm een personeelsadvertentie heeft.

Presentatie

Je advertentie is geschreven of geprint op A4. De advertentie heeft de algemene onderdelen van een personeelsadvertentie en vertelt bovendien hoe er wordt gewerkt met straling.

Bij de presentatie bestudeert iedere leerling de opgehangen advertenties en geeft met een sticker aan op welke advertentie hij of zij zou willen solliciteren.

Figuur 146 – Voorbeeld van een eindopdracht over beroepen waarin met straling wordt gewerkt.

De tabel van figuur 147 geeft een overzicht van de mogelijke eindopdrachten in de hoofdstukken van een leerboek voor het tweede leerjaar.

Hoofdstuk	Onderwerp en onderzoeksvraag	Onderzoeksoopdracht	Presentatieopdracht
1 Natuurkunde overal	Uitvindingen: Hoe ziet de geschiedenis van een uitvinding er uit?	Zoeken op internet	Poster met tijdlijn
2 Licht en geluid	Een optreden voorbereiden: Wat heb je allemaal nodig voor een optreden?	Analyse van videofragmenten van optredens	Presenteren van één geanalyseerd videofragment
3 Gas, water en elektriciteit	Verbruik van gas, water en elektriciteit: Hoe was het verbruik bij jou thuis? Is dat anders bij andere leerlingen?	Twee keer meterstanden aflezen en omstandigheden in kaart brengen	Poster
4 Sport, kracht en beweging	Zelf hardlopen: Hoe verandert de snelheid tijdens hardlopen?	Als klas meten van afstanden en tijden van hardlopers	Onderzoeksverslag
5 Ontwerpen en materialen	Een krukje ontwerpen: Waar moet ik op letten bij het ontwerpen van een licht en stevig minikrukje?	Ontwerp een minikrukje dat aan de eisen voldoet die je van de leraar krijgt.	Fotoreportage van het ontwerp-proces
6 De bouw van stoffen	Kristallen maken: hoe maak je zelf een mooi kristal?	Volgens voorschrift werken en waarnemen met microscoop	Tentoonstelling met bijschriften
7 Extra: Ons Heelal	Objecten in de ruimte: Welke? Welke eigenschappen? Wanneer en hoe ontdekt?	Zoeken op internet voor jouw object.	PowerPoint-presentatie

Figuur 147 – Voorbeelden van eindopdrachten in het tweede leerjaar.

Webquests

Een webquest is een gestructureerde zoekopdracht op het internet. Leerlingen krijgen een betekenisvolle, functionele opdracht om informatie te zoeken, verwerven en integreren. Hierbij is het vooral de bedoeling dat de 'hogere-orde vaardigheden' – zoals analyseren, logisch redeneren en problemen oplossen – worden gestimuleerd. De leerling is dus niet een passieve kennisverwerver, maar gaat actief op zoek naar informatie in verschillende bronnen en weet ze te integreren.

Een webquest heeft altijd een herkenbare, vaste structuur en bestaat uit zes basisonderdelen:

- Een *inleiding* die de webquest introduceert en de context beschrijft.
- Een *opdracht* die interessant en uitvoerbaar is en de motivatie van de leerlingen prikkelt.
- Een beschrijving van de *handelingen* om de webquest te maken. Belangrijk daarbij is dat in een studiewijzer duidelijk afgebakende stappen worden beschreven, zodat de leerlingen precies weten wat er van hen wordt verwacht.
- De *bronnen* waar leerlingen de gewenste informatie kunnen vinden. Daar-

mee voorkom je dat ze tijdens de taakuitvoering het spoor bijster raken.

- Informatie over de *beoordeling* van de uitgevoerde webquest.
- Een *afsluiting* en *conclusie*, waarmee de webquest wordt afgerond.

Daarnaast bevat elke webquest een pagina voor de leraar met begeleidende organisatorische en didactische informatie.

Een webquest is uitdrukkelijk meer dan een serie vragen die de leerlingen door het lezen van enkele webpagina's letterlijk kunnen beantwoorden. Het is essentieel dat ze een betekenisvolle opdracht krijgen. Dat ze, bijvoorbeeld, samenwerken bij het maken van een krant, waarbij elke leerling in de groep een eigen taak krijgt. Dit sluit naadloos aan bij de ideeën van samenwerkend leren, waarbij leerlingen van elkaar afhankelijk zijn. Ook de zelfevaluatie is een belangrijk onderdeel van de webquest, omdat leerlingen zo leren hun eigen werk kritisch te beoordelen en waar nodig te herzien.

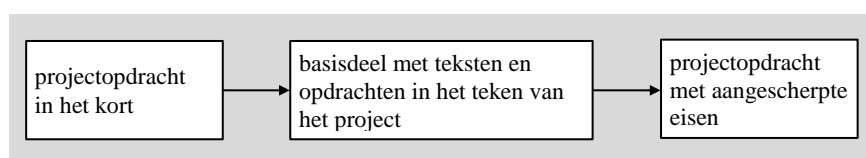
Projectonderwijs

De eerder beschreven projectmatige eindopdracht is het slotstuk van een cursorische lessenserie. Bij een integratie van deze twee onderdelen is sprake van *projectonderwijs*. Voorbeelden van dat soort onderwijs zijn het ontwerpen van een 'alien' voor een film, het ontwerpen van een techniekplan voor een theatershow, het schrijven van een brochure over watergebruik, en het meten aan het weer met zelfgemaakte meetinstrumenten.

Een voordeel van projectonderwijs is dat leerlingen gemotiveerd raken als ze werken aan een projectopdracht die betekenisvol en uitdagend is. Een nadeel van projectonderwijs kan zijn dat de opbrengst aan kennis tegenvalt. De leerlingen zijn dan vooral creatief bezig geweest. De leraar moet daarna allerlei 'schoolse kennis' alsnog aanbieden, omdat de leerlingen die kennis in het project niet hebben verworven.

Vaak wordt de oplossing hiervoor gezocht in het aanscherpen van de eisen voor de eindopdracht. Bij het maken van een techniekplan voor de theatervoorstelling, zou de leraar bijvoorbeeld graag kennis over de decibelschaal in het eindproduct willen zien. Als dergelijke eisen in de projectopdracht staan, wordt de opdracht voor leerlingen al snel onaantrekkelijk en onbegrijpelijk. Soms wordt de oplossing gezocht in het aanbieden van workshops op momenten dat de leerlingen de kennis en vaardigheden uit die workshop nodig hebben. Vaak valt de motivatie van de leerlingen voor de workshops tegen, omdat ze liever verder willen met hun eindopdracht.

Een betere oplossing lijkt de keuze voor een *basisdeel* en een *projectdeel*. Bij de start maken de leerlingen kennis met de eindopdracht, die dan nog globaal is geformuleerd. Leerlingen weten dan welk eindproduct van hen wordt verwacht en ze begrijpen ook dat ze daarvoor nog kennis en vaardigheden missen. In het basisdeel worden die kennis en vaardigheden aangeleerd. De teksten en opdrachten in het basisdeel hebben dus een duidelijke functie voor de eindopdracht. Bij het begin van het projectdeel wordt de projectopdracht opnieuw geformuleerd, maar nu aangescherpt met kennis uit het basisdeel. Bij deze manier van werken wordt dus diepgang afgedwongen, terwijl de motiverende aspecten van projectonderwijs behouden blijven.



Figuur 148 – Globale opzet van projectonderwijs.

Sector- en profielwerkstuk

Een laatste voorbeeld van een projectmatige lessenserie is het sectorwerkstuk voor vmbo en het profielwerkstuk voor havo/vwo zoals beschreven in de examenprogramma's. Als het goed is, is het sector- en profielwerkstuk de afsluiting van een leerlijn onderzoekend leren waarin onderzoeksvaardigheden zijn aangeleerd en geoefend (zie hoofdstuk 6).

4.3.2 Leren van een project

Het leren van natuurkunde stopt niet bij kennis, inzicht en basisvaardigheden. Met name in projecten liggen er mogelijkheden voor het realiseren van *hogere-orde leerdoelen*.

Hogere-orde leerdoelen

Een eerste hogere-orde leerdoel is het leren toepassen van verworven kennis en vaardigheden in nieuwe situaties. Voor een dergelijke verbreding en verdieping van basiskennis en basisvaardigheden zijn de volgende leeractiviteiten bruikbaar.

- Vergelijken: kenmerken zien, overeenkomsten en verschillen zien.
- Classificeren: op kenmerken verdelen in groepen, plaatsen in een boomstructuur.
- Abstraheren: kern van de specifieke informatie, algemeen patroon.
- Inductief redeneren: verbanden zien, algemene uitspraak doen.
- Deductief redeneren: algemeen principe, conclusie of voorspelling.
- Stelling onderbouwen: bewijzen, argumenteren, mening geven, overtuigen.
- Foutenanalyse: onderbouwen, misinformatie zoeken, analyseren, verhelderen.
- Denken over normen en waarden: mening en tegenovergestelde mening, waarden achter die mening.

Een tweede hogere-orde leerdoel is het leren gebruiken van verworven kennis en vaardigheden in complexe, betekenisvolle en authentieke situaties die een planmatige werkwijze vragen. Voor een dergelijke verwerking van basiskennis en basisvaardigheden zijn de volgende leeractiviteiten bruikbaar.

- Beslissen: alternatieven, criteria, wegen, beslissing.
- Probleemoplossen: doel, beperkingen of barrières, manieren om te overwinnen, beste alternatief, evalueren.
- Ontwerpen: maken of verbeteren, eisen, idee, verbeterd idee, test.
- Experimenteel onderzoek: observatie, verklaring, theorie, voorspelling, experiment.
- Definitie-onderzoek: gebeurtenis, bekend en onbekend, onduidelijkheden en tegenstellingen, verdedigbare oplossing.
- Historisch onderzoek: ontwikkeling in de tijd nagaan.
- Scenario-onderzoek: stappenplan nagaan.
- Systeemanalyse: systeem en deelsystemen, grenzen, onderlinge samenhang, functie.

Bij elke planmatige werkwijze horen aandachtspunten en een specifiek stappenplan: zie figuur 149 en 150 voor een stappenplan bij onderzoeken en bij ontwerpen.

Presenteren

Een projectmatige lessenserie wordt afgesloten met een rapportage, bijvoorbeeld in de vorm van een presentatie. Voorbeelden van presentatievormen zijn de poster, folder, fotoserie, tijdlijn, videoclip, tentoonstelling met bijschriften, dia-presentatie in PowerPoint, advertentietekst, stellingendiscussie en demonstratie.

Als de presentatievorm verplicht is, kan het leren presenteren in die vorm leerdoel zijn. Ook voor presenteren geldt een stappenplan met aandachtspunten specifiek voor de presentatievorm, zoals in het voorbeeld van figuur 151.

Aandachtspunten

Projectwerk is door zijn opzet minder beheersbaar dan bijvoorbeeld allerlei vormen van frontaal onderwijs, maar kan wel een gewenste onderbreking daarvan zijn. Een project versterkt de motivatie en doet een beroep op de eigen verantwoordelijkheid en op een kritische, actieve en creatieve bijdrage van elke leerling, met veel aandacht voor het verwerven en toepassen van sociale vaardigheden, voor affectieve vorming en – voor zover van toepassing binnen een pro-

Onderzoeken

- Oriëntatie op het onderzoek
- Onderzoeksvraag formuleren
- Onderzoeksmethode vaststellen
- Metingen plannen en uitvoeren
- Gegevens verwerken
- Conclusie trekken
- Onderzoek rapporteren en presenteren

Figuur 149 – Voorbeeld van een stappenplan bij onderzoeken.

Ontwerpen

- Behoeftte beschrijven en analyseren
- Programma van eisen opstellen
- (Deel)uitwerkingen bedenken
- Ontwerpvoorstel formuleren
- Ontwerp realiseren
- Ontwerp testen en evalueren
- Ontwerp presenteren

Figuur 150 – Voorbeeld van een stappenplan bij ontwerpen.

Poster

- Maak een indeling van je poster die past bij je onderzoek, bijvoorbeeld met het hoofdthema in het midden en vier deelthema's in de hoeken of volgens de stappen van je onderzoek.
- Verzamel beeld van de juiste grootte.
- Schrijf korte teksten met een groot lettertype.
- Leg beeld en tekst op de juiste plaats. Stel zo nodig bij.
- Ga na of de poster te begrijpen is zonder toelichting.
- Plak beeld op de juiste plaats.
- Plak tekst op de juiste plaats of schrijf de tekst bij het beeld.
- Onderteken de poster met je naam.

Figuur 151 – Voorbeeld van een stappenplan bij maken van een poster als presentatievorm.

ject – voor de meningsvorming van de leerlingen. Daarnaast is er in principe de mogelijkheid van vakoverstijgend werken (als ook de collega's van andere vakken daartoe bereid zijn) en van differentiatie naar interesse, niveau, tempo en werkwijze.

Er moet echter wel rekening worden gehouden met een aantal nadelen van deze manier van werken. Projectwerk vraagt allereerst een vrij intensieve voorbereiding. Een duidelijke structuur van het project is nodig om te voorkomen dat leerlingen de weg kwijtraken. De leerlingen moeten – voor zover van toepassing binnen een project – bepaalde technieken (zoals discussie-, evaluatie-, studie- en rapportagetechniek) al enigszins beheersen om het project voldoende tot zijn recht te laten komen. En bij de rapportage dreigt nogal eens een te gemakkelijk knippen-en-plakken van internetteksten en plaatjes. Ten slotte is het werk of de inbreng van individuele leerlingen vaak moeilijk te beoordelen.

Bij projectwerk treedt de leraar op als organisator en begeleider door het zo concreet mogelijk vaststellen van de doelen, samenstellen van de groepen (indelen, loten, vrije keuze, naar interesse), opstellen van een werkschema, bespreken van de randvoorwaarden (wat kan wel, wat niet), maken van afspraken over de taakverdeling binnen de groepen, verstrekken van de benodigde materialen en verwijzen naar informatiebronnen, begeleiden van voortgang (controlelijst, tijdschema, werkafspraken, suggesties), en organiseren van de rapportage, presentatie, afronding en evaluatie.

4.3.3 Projectwerk beoordelen

Het beoordelen van projectwerk is lastig en tijdrovend. Meestal wordt gebruik gemaakt van een *beoordelingstabel* of *rubric*. In de beoordelingstabel staat een beschrijving van de beoordelingscriteria met ruimte voor de score per criterium. Afhankelijk van de gekozen vorm is er ook een beschrijving van de te behalen niveaus en ruimte voor feedback of opmerkingen.


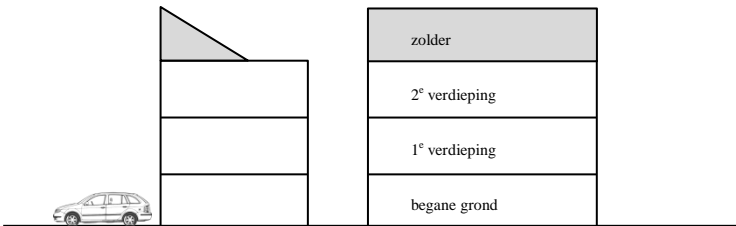
Hieronder staan in figuur 152 en 153 een voorbeeld van een eindopdracht en de bijbehorende beoordelingstabel in de vorm van een *single point rubric*.

Eindopdracht

Nul-energie-woning

De afgelopen lessen hebben jullie gewerkt aan verschillende opdrachten. In die opdrachten heb je je verdiept in hoe je een huis zo duurzaam mogelijk kan maken. Je hebt je verdiept in isoleren en verwarmen, en het terugdringen van het water- en elektriciteitsgebruik. Ook heb je geleerd hoe je duurzame energie kan opwekken. Met de kennis die je nu hebt kun je je eigen nul-energie-woning ontwerpen. Dat is precies wat we gaan doen. Hieronder zie je het zijaanzicht en de plattegrond van een woning.

Van dit huis ga jij een nul-energie-woning maken. Daarbij mag je alles gebruiken wat je in de afgelopen lessen geleerd hebt – en als jij nog meer weet mag je dat ook gebruiken.

zolder
2 ^e verdieping
1 ^e verdieping
begane grond

garage	hal	trap
		wc
keuken	woonkamer	

slaap-kamer	open ruimte	trap	slaap-kamer
bad-kamer	hal		

slaap-kamer	hal	trap	studeer-kamer
was-ruimte			slaap-kamer

Je moet per kamer/plaats beschrijven wat je gaat doen/aanpassen. Bijvoorbeeld: “In de woonkamer worden alle gloeilampen vervangen door spaar- en led-lampen.” Ook moet

je de aanpassing onderbouwen. Bijvoorbeeld: “Doordat wij alle gloeilampen vervangen door spaar- en led-lampen wordt het lichtvermogen van 200 W teruggebracht naar 50W. Hierdoor is er vier keer minder energie nodig dan met gloeilampen.”

Het bovenstaande doe je voor elke kamer (en alle andere plaatsen die je kunt verzinnen). Hierdoor krijg je een grote lijst met allerlei duurzame oplossingen.

Wil je extra creatief zijn, dan kun je bijvoorbeeld de bovenstaande tekening in Paint laden en dan allerlei duurzame oplossingen in het plaatje voegen, bijvoorbeeld zonnepanelen op het dak.

Aan het einde van de opdracht heb je in ieder geval het volgende gedaan:

- Je hebt per kamer beschreven welke duurzame oplossing je gaat gebruiken.
- Je verklaart waarom je die gaat gebruiken.
- Je maakt daarbij gebruik van verschillende mogelijkheden (gas, water, elektriciteit).
- Je hebt de tekening aangevuld met allerlei verbeteringen.
- Je hebt een PowerPoint-dia gemaakt met daarin de belangrijkste verbeteringen.

Als een van de bovenstaande punten niet is meegenomen in het eindproduct, dan kan er geen beoordeling plaatsvinden.

Figuur 152 – Voorbeeld van een eindopdracht: de nul-energie-woning.

Tekortkomingen	Ruim voldoende beheersing	Bijzondere kwaliteit	Score 1 – 10	Gewicht %
	Oplossingen per kamer Je hebt voor acht kamers beschreven welke oplossing je gaat gebruiken.			25
	Waternverbruik Je hebt drie manieren gebruikt om het waternverbruik terug te dringen.			25
	Isoleren en verwarmen Je hebt twee manieren gebruikt om het huis te isoleren en verwarmen.			25
	Elektriciteitsverbruik Je hebt drie manieren gebruikt om het elektriciteitsverbruik terug te dringen.			25
Opmerkingen		Eindscore Eindcijfer		

Figuur 153 – Voorbeeld van een beoordelingstabel in de vorm van een *single point rubric* voor de eindopdracht nul-energie-woning. Als de beheersing per criterium ruim voldoende is: score 7. Tekortkomingen geven aftrekpunten en bijzondere kwaliteit geeft pluspunten. Voldoende als de eindscore 5,5 of meer is, en iedere deelscore 5,0 of meer.

Beoordelingstabellen

Een beoordelingstabel geeft leerlingen inzicht in wat er van hen verwacht wordt. Leerlingen vinden het prettig om van te voren te weten welke criteria gehanteerd worden voor de beoordeling. Doordat het duidelijk is waar het projectwerk aan moet voldoen, is het voor leraren en medeleerlingen gemakkelijker om gerichte feedback te geven. Door per criterium een maximale score toe te kennen, wordt het mogelijk de beoordeling te kwantificeren in een score en een cijfer. De criteria in de beoordelingstabel moeten overeen komen met de criteria in de eindopdracht.

Criteria zijn altijd afhankelijk van het soort project. Criteria kunnen gericht zijn op de het handelingsdeel van het project, bijvoorbeeld op de kwaliteit van het onderzoek of het opgeleverde product, op de rapportage en presentatie, en op de samenwerking. Meestal wordt bij de beoordeling per criterium een onderscheid gemaakt in drie tot vijf niveaus, bijvoorbeeld 25, 50, 75 en 100% voor onvoldoende, voldoende, goed en uitstekend. Per criterium kunnen voorwaarden worden geformuleerd, waaraan moet worden voldaan voor elk van die niveaus. Verder kan er worden gekozen voor een minimum score per criterium of voor de mogelijkheid van onderlinge compensatie.

Doordat de scores van de criteria bij elkaar opgeteld worden tot een eindscore, kan een beoordelingstabel bijdragen aan calculerend gedrag van leer-

lingen. Ze zoeken de onderdelen waar ze goed in zijn, en compenseren daarmee andere onderdelen waar ze minder goed in (denken te) zijn. Leerlingen kunnen dan een voldoende halen, terwijl in het projectwerk essentiële onderdelen ontbreken.

Er zijn verschillende soorten beoordelingstabellen, waarbij elke soort zowel voor- als nadelen heeft. Hieronder zijn de drie belangrijkste uitgewerkt. In de beoordelingstabel van figuur 154 zijn de criteria geformuleerd en is per criterium een maximale score vastgesteld. De score hangt af van de mate waarin het projectwerk aan het criterium voldoet. Voor de leraar is dit de eenvoudigste manier om te beoordelen, maar de leerlingen krijgen geen gerichte feedback.

Criteria	Score	Opmerkingen
Criterium 1 Maximum score		
Criterium 2		
...		
Totale score Cijfer		

Figuur 154 – Beoordelingstabel met criteria en score.

Bij de beoordelingstabel van figuur 155 worden per criterium niveaus aangegeven op basis waarvan de score per criterium wordt bepaald. Deze beoordelingstabel wordt veel gebruikt vanwege de duidelijkheid voor zowel de leraar als de leerlingen. Een nadeel is dat, als elk criterium tot in de details wordt beschreven, leerlingen de neiging krijgen precies te doen wat er gevraagd wordt en niet meer dan dat. Leerlingen krijgen wel feedback op het behaalde niveau per criterium.

Criteria	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Score
Criterium 1 Maximum score					
Criterium 2					
...					

Figuur 155 – Beoordelingstabel met criteria, niveaus en score.

De beoordelingstabel van figuur 156 geeft per criterium een richtlijn die het ruim voldoende niveau beschrijft. Is dit behaald, dan is het in orde. Het verschil is vooral te zien wanneer er nog iets ontbreekt of beter had gekund, of wanneer er juist veel beter werk geleverd is dat bijzonder goed is. Deze manier van beoordelen kost de leraar dan ook meer werk, maar levert meer op in het leerproces. Bij de score wordt uitgegaan van ruim voldoende als voldaan wordt aan het criterium. Dit wordt bijgesteld naar aanleiding van de minpunten en de bijzondere pluspunten.

Criteria	Wat is zwak? –	Wat is bijzonder goed? +	Score
Criterium 1 Maximum score			
Criterium 2			
...			

Figuur 156 – Beoordelingstabel met criteria, feedback en score.

Hierbij moet wel worden opgemerkt dat een beoordelingstabel – in welke vorm

dan ook – weliswaar de schijn van grote objectiviteit heeft, maar net als andere manieren van beoordeling blijft het toch mensenwerk.

4.4 Afsluiting

De centrale vraag voor dit hoofdstuk was: hoe combineer je de verschillende lessen op een verantwoorde manier tot cursorische en projectmatige lessenseries?

In grote lijnen bestaat een cursorische lessenserie uit vier fasen: de introductie, de (inhoudelijke) kern van de lessenserie, de afronding en de eindtoets – min of meer vergelijkbaar met de opbouw van een theorieles zoals geschetst in hoofdstuk 3. De inhoudelijke kern van de lessenserie bestaat uit een afwisseling van samenhangende theorie- en practicumlessen, met voldoende variatie in onderwijsleeractiviteiten die een beroep doen op de verschillende leerstijlen van de leerlingen en met voldoende differentiatie naar interesse, niveau, tempo en werkwijze.

Een andere manier om meer afwisseling te realiseren is de projectmatige lessenserie, met de nadruk op het zelfstandig werken van de leerlingen en de begeleidende rol van de leraar daarbij. Een dergelijke lessenserie heeft een vergelijkbare opbouw als de cursorische lessenserie, maar dan zonder eindtoets. Binnen een project zijn er – afhankelijk van de gekozen mate van openheid van het project – meer mogelijkheden voor differentiatie naar interesse, niveau, tempo en werkwijze van de leerlingen dan in een cursorische lessenserie het geval is.

Dit alles is te zien als een mogelijke verdere invulling van het in de afsluiting van het vorige hoofdstuk (paragraaf 3.4) genoemde aanvullende *leerprincipe* uit de leerpsychologie: *afwisselen*.

Afwisselen – Laat de kennisverwerving van de leerlingen plaatsvinden met voldoende afwisseling tussen cursorische lessenseries en (korte) projecten of (langere) projectmatige lessenseries, waarin in de opeenvolgende lessen de verschillende leerstijlen van de leerlingen worden aangesproken en er ruimte is voor differentiatie naar interesse, niveau, tempo en werkwijze – en niet zomaar hele lessenseries lang steeds dezelfde soort lessen met dezelfde lesopzet geven.

