

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 toetsing van de leeropbrengst van een cursorische lessenserie met een theorie- en/of practicumtoets komt in hoofdstuk 5 aan de orde.

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.
- Duidelijke leerdoelen voor de lessenserie als geheel en voor de afzonderlijke lessen.
- Een startactiviteit voor de lessenserie als geheel, en in elke les een motiverende prikkel.
- Variatie in lessoorten 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 theoretietoets en eventueel een practicumtoets als eindtoets.

Figuur 140 – Mogelijke kenmerken van een cursorische lessenserie.

4.2 Cursorische lessenserie

Een cursorische lessenserie is gericht op het leren van basiskennis en basisvaardigheden, en 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 140.

In deze paragraaf geven we eerst drie uiteenlopende voorbeelden van de opzet van een cursorische lessenserie: de *traditionele* lessenserie en lessenseries met *variatie in kernactiviteiten* en met een *probleemgeoriënteerde* aanpak, aangevuld met benaderingen als *flipping the classroom*, *gamification* en *taakwerk*. Daarna gaan we in op het *recht doen aan verschillen* tussen leerlingen vanuit het idee dat iedereen recht heeft op geschikt/passend onderwijs, en de *studiewijzer* als sturingsinstrument voor het onderwijsleerproces.

4.2.1 Opbouw lessenserie

Traditionele lessenserie

Een traditionele cursorische lessenserie heeft als kern een aantal theorielessen met de eerder geschetste eerste standaard-lesopzet (zie paragraaf 3.2.2, figuur 105). 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

Les	Lesindeling (globaal)
1	Introductieles met startactiviteit
2	Theorieles
3	Practicumles
4	Theorieles
5	Bijzondere activiteit
6	Theorieles
7	Toetsvoorbereiding
8	Eindtoets

Figuur 141 – Globaal draaiboek van een traditionele cursorische lessenserie.

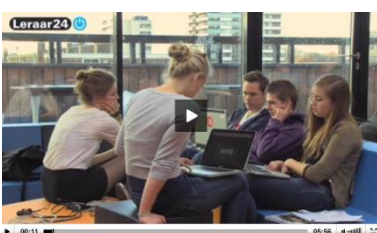
meer practicumlessen, de toetsvoorbereiding en een eindtoets. Het draaiboek van zo'n lessenserie ziet er dan uit zoals in figuur 141, maar hierop zijn allerlei variaties mogelijk.

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.

In een lessenserie met flipping the classroom hebben de theorielessen een opzet die lijkt op de eerder geschetste tweede standaard-lesopzet (zie paragraaf 3.2.2, figuur 106). De onderdelen van zo'n theorieles zijn een verwerkingsactiviteit aan het begin van de les, werken in groepen in het middendeel 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). Een mogelijk draaiboek van een theorieles volgens flipping the classroom is weergegeven in figuur 142.

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 leerdoelen benoemen 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	Bestuderen van de video-uitleg van de nieuwe leerstof (voor de volgende les) en een voorbeeldopgave	Leerstof verwerken en verwerven



Figuur 143 – In deze [video-clip](#) op [leraar24.nl](#) vertelt Jelmer Evers, leraar op de Utrechtse school Unic, hoe hij flipping the classroom vormgeeft.

Figuur 142 – 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 en/of een spel.

Kennisclips – Een korte video gericht op leren wordt ook wel een *kennisclip* genoemd. Voor de inhoud van de kennisclips geldt dat ze eigenlijk alles kunnen bevatten wat je in de les ook zou kunnen uitleggen. Dat kan een stukje theorie zijn, of een voorbeeldopgave, demonstratie of practicumintroductie.

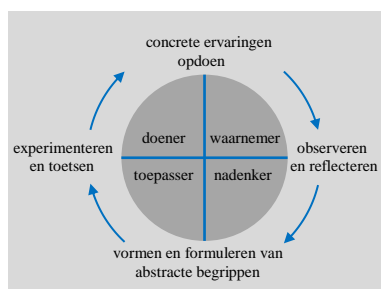
Bij het beoordelen van kennisclips moet rekening worden gehouden met het feit dat leerlingen vaak de belangrijkste boodschap niet uit een kennisclip kunnen

Lespraktijk

Een voorbeeld is een kennisclip over de krachten die werken op een voorwerp dat omhoog gegooid is, na het verlaten van de hand. Als de kennisclip uitsluitend het correcte concept uitlegt (alleen de zwaartekracht werkt op het voorwerp, en die kracht is constant gedurende de hele beweging), dan is er geen leereffect. Een alternatief is om de kennisclip te starten met een meerkeuzevraag: “Wat gebeurt er met de resulterende kracht op het voorwerp tussen het moment van loslaten en het hoogste punt?” Vervolgens worden een paar mogelijke antwoorden en de bijbehorende uitleg besproken (liefst door leerlingen zelf aan het woord te laten). Pas daarna volgt de correcte uitleg, waarbij expliciet gerefereerd wordt aan de gegeven antwoorden. Een dergelijke kennisclip heeft wél een leereffect. Maar veel kennisclips voldoen niet aan deze eisen.

Het kan dus goed werken om de leerlingen vóór of direct na het kijken thuis al iets met de kennisclip te laten doen, bijvoorbeeld door het stellen van voorspelvragen (vooraf) en enkele eenvoudige reproductie- en begripsvragen (achteraf). De verdere verwerking komt dan gezamenlijk in de les.

Figuur 144 – Een voorbeeld van de effectieve inzet van een kennisclip.



Figuur 145 – Leercyclus van Kolb.

halen. Dat geldt met name voor kennisclips met alleen uitleg. Het blijkt zelfs dat de clips bestaande onjuiste leerlingdenkbeelden kunnen versterken, hoewel ze juist bedoeld zijn om dat leerlingdenkbeeld om te buigen naar een natuurwetenschappelijk begrip. Kennisclips die beginnen met een vraag rond een leerlingdenkbeeld zijn dan ook effectiever dan clips waarin dat niet gebeurt. Leerlingen moeten op het moment van kijken eigenlijk de lesstof al aan het verwerken zijn, zoals in het voorbeeld van figuur 144.

In principe kun je ook flippen zonder gebruik te maken van kennisclips. Je hoeft er ‘alleen maar’ voor te zorgen dat je leerlingen de lessen voorbereiden. Het goed lezen van het leerboek zou het gewenste resultaat al moeten opleveren. Dat zul je dan wel op de één of andere manier moeten belonen, bijvoorbeeld door middel van *gamification* zoals in de later in dit hoofdstuk in figuur 151 geschetste lespraktijk.

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 in figuur 145 weergegeven leercyclus van Kolb. Figuur 146 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 146 – De globale inhoudsopbouw van de lessenserie *Geluid horen en maken*.

In figuur 147 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	<p>Geluiden horen Kernactiviteit: meemaken en waarnemen Startactiviteit: geluiden-quiz (welk geluid is het?).</p> <p>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.</p>	<p>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.</p>

	Oefenen met dB- en Hz-ladder. Luisteren naar samenvatting.	Verwerken van nieuwe kennis. Verwerken van nieuwe kennis.
1 → 2	Huiswerkopdracht Paragraaf nalezen en de opgegeven vragen maken. Lees het uitgedeelde artikel over geluidshinder in discotheken en beantwoord de volgende twee vragen: a Welke schade kan discomuziek veroorzaken aan je gehoor? b Welke maatregelen zouden getroffen moeten worden om de schade te beperken?	Verwerken en toepassen van het geleerde. Oriënteren op het nieuwe onderwerp: Geluidshinder.
2	Het beschadigde gehoor Kernactiviteit: reflecteren en bestuderen Rapporteren over de huiswerkopdracht. Luisteren naar demo-bandje (hoog-laag, hard-zacht, klank). Kennismaken van het lesprogramma. Huiswerk noteren. Video kijken en kijkvraag beantwoorden. Informatie verzamelen en verwerkingsvragen beantwoorden. Groepsresultaten presenteren.	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.
2 → 3	Huiswerkopdracht Voer de volgende twee opdrachten uit: a Zoek bij jou in de buurt naar situaties waarbij de geluidssterkte 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 verkeerslawaaï.	Toepassen in de eigen omgeving in een nieuwe situatie. Oriënteren op het nieuwe onderwerp: Lawaai isoleren.
3	Lawaai isoleren Kernactiviteit: toepassen en testen Rapporteren over de huiswerkopdracht. Demonstraties bekijken (wekker onder water, bel onder vacuümklok, blikjestelefoon). Kennismaken 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. Groepsresultaten rapporteren.	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.
3 → 4	Huiswerkopdracht Paragraaf nalezen en de opgegeven vragen maken.	Verwerken en toepassen van het geleerde.
4	Geluidsoverlast Kernactiviteit: uitproberen en uitzoeken Rapporteren over de huiswerkopdracht. Kennismaken van het lesprogramma Huiswerk noteren. Kennismaken 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.	Verwerken van het huiswerk. Oriënteren op het onderwerp en het programma van de les. Toepassen van kennis bij het maken van een product. Verwerken van de verzamelde informatie. Verdiepen van de beargumenteerde mening.

Figuur 147 – 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 148.

Lesonderdeel		Toelichting															
Je leert	op welke manieren je drie lampjes kunt aansluiten op een spanningsbron en hoe fel ze dan branden.	Richtvraag <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	Vier schakelingen van drie lampjes. Voorspellen van zwak, normaal en fel; losdraaien van lampjes. $L_1 = L_2 = L_3$ fel normaal zwak 	Functie <ul style="list-style-type: none"> • Stelt het onderwerp. • Inventariseert voorkennis. • Roept verklaringsbehoefte op. 															
Kernbegrippen	Serieschakeling van lampjes of apparaten; één stroomkring; dezelfde stroom; spanning verdelen. Parallelschakeling van lampjes of apparaten; meerdere stroomkringen; dezelfde spanning; stroom verdelen. Spanningsbron en stroombron	Nieuwe leerstof met kernbegrippen nodig om de richtvraag te beantwoorden.															
Je kunt	omschrijven wat serie- en parallelschakelingen zijn en voorbeelden, overeenkomsten en verschillen noemen; uitleggen dat spanningsbronnen een vaste spanning hebben, maar een veranderlijke stroom; uitleggen dat stroombronnen een vaste stroom hebben, maar een veranderlijke spanning.	Wat leerlingen kennen en kunnen met gebruikmaking van de geleerde kernbegrippen.															
Checkvraag	Wat verandert er als je een lampje losdraait? Vul de tabel in. Kies: uit, zwak, normaal of fel. <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <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	Check van het begrip, bij voorkeur met een zichtbaar resultaat, zodat snelle feedback mogelijk is.
L ₁	L ₂	L ₃															
normaal																	
los																	
	los																
		los															

Figuur 148 – Opbouw van een probleemgeoriënteerde theorieles over schakelingen.

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.

De in figuur 149 weergegeven lessenserie geeft een probleemgeoriënteerde benadering van een bestaand hoofdstuk uit een leerboek, in dit geval over het onderwerp 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 149 – 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 149 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 varieerd door keuzes te maken in het continuüm van contextrijk tot contextarm en van gestructureerd (met tussenstappen) tot 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 pro-

bleemaanpak 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 terugkijken 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 150 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 2.6.1). 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 150 – 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 149 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.

Gamification

Bij *gamification* gaat het om het inzetten van spelelementen in het onderwijs om leerlingen (nog) beter te motiveren. Gamification onderscheidt zich van *serious games* doordat er geen sprake hoeft te zijn van een volwaardig spel. Het gebruik van een bord-timer tijdens opdrachten in de klas is al een mooi voorbeeld: wat werken ze dan ineens hard.

Een ander kenmerk van gamification is dat de gebruikte technieken meestal los staan van de inhoud van de leerstof. De in figuur 151 en 152 beschreven lessen kunnen over elektriciteit gaan, maar net zo goed over beweging of straling.

Lespraktijk

De leraar heeft een lessenserie geflipt en in een spelvorm gegoten met behulp van rangschikopgaven. De leerlingen werken in vaste groepjes. Het doel van het spel is het oplossen van een kruiswoordraadsel waarin allerlei vaktermen staan. Als een groepje het kruiswoordraadsel correct heeft opgelost, krijgen ze een oefenproefwerk.

De aanwijzingen voor de woorden in het kruiswoordraadsel zijn niet gegeven, maar moeten worden verdiend. Dat kan door:

- de begripsvragen uit de kennisclips correct te maken;
- de volgorde van een rangschikopgave juist te geven;
- de uitleg van een rangschikopgave juist te geven.

Figuur 151 – Een voorbeeld van een geflipte lessenserie met verwerking in de vorm van een spel met rangschikopgaven.

Lespraktijk

De leraar merkt op dat de leerlingen zich tijdens de laatste les voor een proefwerk zeer matig inzetten voor de oefentoets. Hij besluit de les op een andere manier in te richten, namelijk met behulp van *gamification*. De leerlingen gaan in teams van twee of drie leerlingen de strijd met elkaar aan.

De oefentoets is opgedeeld in levels, die de leerlingen spelen door de opdrachten te maken. De leraar kijkt hun antwoorden na. Als er fouten in zitten, volgen er 2 strafpunten en een nieuwe poging. Als het antwoord echter foutloos is, krijgen ze punten en spelen ze het volgende level vrij.

Scores worden op het digibord bijgehouden in een *leaderboard* zoals hieronder

weergegeven. Als de tijd om is, wint het team met de meeste punten.

Level:	1	2	3	4					
Te behalen:	4	6	9	15					
Poging:	1	2	1	2	1	2	1	2	Score
Tovenaars	4		6		-2	7	15		30
Team Natuurkunde	-2	4	6		-2	9	-2	15	28
Zou niet weten	-2	4	6		9		-2	13	28
Crackies	4		-2	6	9		-2	10	25
Boemlouw	-2	4	6		-2	2	15		23

Figuur 152 – Een voorbeeld van de gamification van een les.

Het is verleidelijk om bij het toepassen van gamification alleen maar te denken aan beloningssystemen als punten, badges en *leaderboards*. Leerlingen worden door dergelijke PBL-systemen vooral extrinsiek gemotiveerd. Het risico daarvan is dat leerlingen zich alleen nog maar inzetten als er beloningen tegenover staan. De intrinsieke motivatie, het leren omwille van het leren, kan dan worden weggedrukt door de extrinsieke motivatie. De drie pijlers van intrinsieke motivatie zijn gevoelens van competentie, autonomie en verbondenheid. Het gevoel van competentie kan worden versterkt door het geven van veel feedback. Autonomie wordt door leerlingen ervaren als ze betekenisvolle keuzes kunnen maken. Verbondenheid wordt ervaren als leerlingen samen met anderen taken uitvoeren.

In de meer klassieke vormen van onderwijs is met name het creëren van keuzevrijheid en het geven van veel persoonlijke feedback lastig vorm te geven. Gamification, eventueel gecombineerd met *flipping the classroom* biedt de leraar mogelijkheden om de leerlingen meer vrijheid te geven en bovendien een beter beeld te krijgen van de individuele voortgang. Na de in figuur 152 beschreven les weten de leraar en de teams bijvoorbeeld precies welke levels, en dus welke stukken leerstof, nog niet door hen op het gewenste niveau werden beheerst.

Bij het toepassen van gamification wordt zoek je een antwoord op de volgende vragen.

- Wat zijn de (meetbare) opbrengsten die je beoogt? Wanneer is je lesmateriaal succesvol en hoe ga je dat bepalen?
- Om welke doelgroep gaat het? Wat drijft hen? Welk aspect van de te behandelen leerstof zal hen activeren? De beschrijving van de doelgroep zal vaak hetzelfde zijn, maar kan veranderen als je het lesmateriaal ontwerpt als interventie voor een bepaalde deelgroep in de klas. Misschien wil je bijvoorbeeld dat drukke groepje jongens dat altijd over voetballen praat bij je les betrekken. Het kan dan een idee zijn een voetbalthema in je lesmateriaal te verwerken.
- Hoe wil je dat de leerlingen met je lesmateriaal aan de slag gaan? Wat wil je van de leerlingen zien, hoe wil je dat ze zich gedragen? Wil je dat ze samenwerken, of juist voor eigen succes gaan? Wil je dat ze ontspannen brainstormen, of wil je dat ze druk ervaren?
- Welk medium gebruik je, en welke *feedback mechanics* en *triggers* horen daarbij? De *feedback mechanics* zijn technieken die gebruikt worden om de speler feedback te geven op zijn activiteiten. De manier waarop feedback wordt gegeven, hangt af van het medium. In digitale games vindt voortdurende snelle feedback plaats. Voorbeelden van feedback mechanics zijn de *profile progress bar* van LinkedIn, of de gekleurde ster op ebay. In een niet-digitale omgeving, zoals in de klas, kun je bijvoorbeeld stickers, stempels, buttons of monopolygeld gebruiken. Een *trigger* is een spelelement dat de speler tot een bepaalde actie beweegt, zoals een beloning die in het vooruitzicht wordt gesteld. Als trigger kun je bijvoorbeeld een badge aan je bord hangen, die leerlingen met een bepaalde activiteit kunnen behalen.
- Welke stimulansen en/of beloningen gebruik je? Het is een goede tactiek om de leerlingen aanvankelijk positief te activeren. Dat kan door betekenis te geven aan de leerstof, keuzevrijheid te creëren en/of hen het gevoel te geven dat ze de uitdagingen aankunnen (bijvoorbeeld door te starten met een makkelijke opdracht). Vervolgens beweeg je ze tot actie met beloningen en/of dreigend onheil

zoals het verlies van de voorsprong of het mislopen van een beloning. De leerlingen bouwen dan wel even een onprettig gevoel op, maar dat neem je vervolgens weer weg door elke cyclus te eindigen met positieve drijfveren. Zorg dus voor zoveel mogelijk positieve feedback aan het einde van iedere cyclus, zodat de leerlingen niet met een negatieve nasmaak blijven zitten. Taalgebruik speelt hierbij een belangrijke rol.

Het toepassen van gamification op lesmateriaal is een creatief proces, waarbij je eventueel kunt laten inspireren door voorbeelden van anderen. Maar ook je eigen spelervaringen, zowel digitaal als analoog, kunnen een onuitputtelijke bron van inspiratie zijn. Experimenteer met *group quests*, hulplijnen, badges, *role playing*, *skill trees*, dobbelstenen, memorykaarten, of wat je ook maar kunt verzinnen – maar altijd met de kernvraag in het achterhoofd: hoe kan ik nóg meer plezier verwerken in mijn lesmateriaal?

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 Recht doen aan 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 153 geschetste lespraktijk. Je kunt daarbij kiezen tussen complimenteren of confronteren, bevestigen of bekritisieren, uitdagen of steunen, serieus of luchtig.

Ook in de les zijn er verschillen tussen leerlingen. Sommigen snappen de uitleg 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 154 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). De manier van leren kan voor een leerling per schoolvak verschillend zijn.

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 aanbrengen van variatie in instap, werkvormen, bijzondere activiteiten en afronding. Dan is er sprake

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 153 – 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 154 – Een voorbeeld van omgaan met verschillen bij het doen van practicum.

van *differentiatie*. Bij differentiatie varieer je in lesinhoud, proces, product, voorkeur of leeromgeving. Door klein te beginnen is differentiatie goed te organiseren. Het vraagt 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. Deze vormen van differentiatie zijn erop gericht dat alle leerlingen dezelfde einddoelen halen en op dezelfde wijze worden getoetst. Dan gaat het om *convergerende differentiatie*. Een andere benadering is die van *divergerende differentiatie*. Dat houdt in dat leerlingen verschillende einddoelen bereiken, zoals een zwaarder correctiemodel voor leerlingen die beter zijn in het vak dan voor leerlingen die er moeite mee hebben, of een vmbo-leerling die voor een vak op havo-niveau eind-examen doet.

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 155.

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

Figuur 156 – Een voorbeeld van differentiatie met verschillende routes door de opgaven.

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

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.

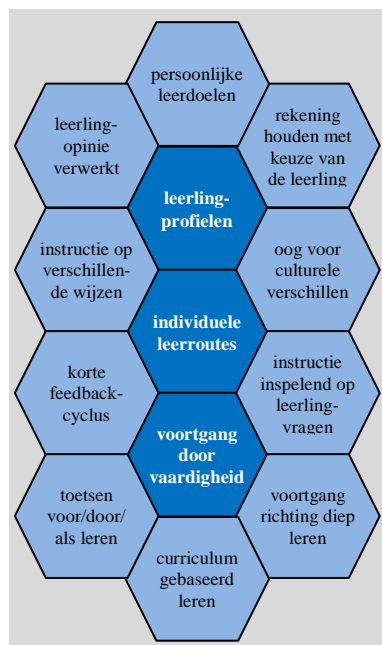
Na het op deze manier categoriseren van de opgaven van (bijvoorbeeld) een paragraaf definieer je twee routes door de opgaven zoals in figuur 156 (maar dan niet in aantallen maar met opgavennummers), met de eerste route voor de minder goede leerlingen en de tweede route voor de betere/snellere leerlingen. 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.

Gepersonaliseerd leren

Leerlingen kunnen op sommige scholen een geheel eigen leerroute en tempo kiezen. Dan is er sprake van *gepersonaliseerd leren* waarbij leerlingen op hun eigen wijze en in hun eigen tempo werken aan de leerdoelen. Per vak, leerinhoud of onderdeel wordt afhankelijk van de prestaties en voorkeuren van de leerling een op die leerling aangepast programma voor herhaling, verdieping en/of verrijking aangeboden. Traditionele vernieuwingsscholen zoals die voor Dalton- en Montessori-onderwijs bieden binnen bestaande lesmethoden de mogelijkheid om op eigen tempo en inzicht te werken. Meer recente initiatieven, bijvoorbeeld gebaseerd op de Zweedse Kunskapsskolan, laten ook de lesmethode los. In een online systeem staan leerdoelen per vak per leerjaar klaar, inclusief verschillende suggesties voor opdrachten en leerwerk om die leerdoelen te bereiken. Leerlingen kunnen de gesuggereerde toetsmethode kiezen om te bewijzen dat zij een leerdoel hebben gehaald, dan wel een eigen product bedenken ter goedkeuring van de leraar. Het kiezen van de leerlingen aan welke leerdoelen zij willen werken wordt begeleid door een mentor/coach. Het leren werken met eigen leerdoelen vergt begeleiding, oefening en een *actieve leeraanpak* van de leerling. De leraar heeft de taak om niet alleen de leerdoelen per leerjaar te formuleren, maar ook om verschillende routes, oefeningen, opgaven, practica, activiteiten, feedback, toetsen en dergelijke neer te zetten waarmee een leerling deze doelen kan behalen. Dat wordt weergegeven in het honingraat-model van figuur 157.



Figuur 157 – Het honingraat-model van gepersonaliseerd leren.

De rol van de leerling wordt beschreven door de drie basiscomponenten in het midden van figuur 157. De tien componenten daaromheen weerspiegelen de rol van de leraar. In verdere, niet in de figuur weergegeven schillen bevinden zich onder andere de familie, samenwerkende leraren, de lokale gemeenschap en onderwijsontwerpers. In de buitenste schil bevinden zich de eisen aan de leeromgeving die nodig is om gepersonaliseerd leren te ondersteunen, zoals ICT-eisen, flexibele werkomgeving en beschikbaarheid van leraren.

Bij gepersonaliseerd leren is het eindexamen doen op verschillende niveaus (vmbo-havo-vwo) voor verschillende vakken niet ondenkbaar.

Leren van jongens en meisjes

Er zijn verschillen, maar ook overeenkomsten tussen het leren van jongens en meisjes. De tabel van figuur 158 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.

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 158. 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 158 donkergrijs gemarkeerd.

Door als leraar te variëren in manier van lesgeven 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 lesactiviteiten 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.

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 158 – Voorkeuren in leergedrag, met hun positieve tegenhangers.

Culturele verschillen

Elke school heeft zijn eigen cultuur, die vaak een afspiegeling is van de samenleving waar de school gevestigd is. In grote steden staan scholen vaak bekend als een school voor een bepaald soort kinderen. Termen als 'zwarte school', 'school voor ambitieuze leerlingen' en 'traditionele school' worden gebruikt om ze te beschrijven. Binnen de cultuur van de school wordt er impliciet en expliciet gedrag van de leraar verwacht om bij de cultuur aan te sluiten. De leerlingen in de klassen hebben uiteenlopende achtergronden. Waar kinderen van ouders uit meer mediterrane en Arabische landen verwachten duidelijk aangesproken te worden op niet-passend leergedrag, verwachten kinderen uit meer westerse landen meer op de eigen verantwoordelijkheid te worden aangesproken. Een voorbeeld daar-

Lespraktijk

“Ik merk dat jij niet naar mij luistert tijdens de uitleg. Je cijfers zijn niet goed. Ik wil dat jij nu deze opgaven gaat maken. Als je het niet af hebt, kom je vanmiddag terug om het alsnog te maken.” Tegenover: “Ik merk dat jij niet luistert tijdens de uitleg, terwijl je cijfers niet goed zijn. Is dat nu wel verstandig? Wat kunnen we afspreken over jouw gedrag in de komende les?”

Leerlingen met een mediterrane en Arabische achtergrond zullen uit de tweede uitspraak niet opmaken dat er van hen verandering wordt verwacht. Ze vinden zo'n uitspraak onduidelijk, grappig en geen vertoon van autoriteit. Leerlingen met een westerse achtergrond verwachten de eerste uitspraak alleen als ze er echt een puinhoop van hebben gemaakt, niet als eerste aanspreekpunt op hun gedrag.

Figuur 159 – Een voorbeeld van het aanspreken van leerlingen met verschillende culturele achtergronden.

Studiewijzer

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.

Figuur 160 – Planningsfuncties van de studiewijzer voor de leraar.

van staat in figuur 159. Voorbeelden zoals deze zijn er meer en komen voort uit de ‘machtsverhoudingen’ die per cultuur anders zijn.

Holebi en transgender

In de puberteit komen leerlingen erachter dat ze wellicht een andere seksuele voorkeur hebben dan de gemiddelde mens. Daarnaast zijn er leerlingen die al hun hele leven het gevoel hebben gevangen te zitten in het verkeerde lichaam. Een veilig leerklimaat waarin de nadruk ligt op de vakinhoud en het leren kan een omgeving creëren waar deze emotionele zaken er niet toe doen. Het creëren van een veilige leeromgeving wil ook zeggen dat de leraar aangeeft dat iedereen er mag zijn. Binnen de schoolomgeving mag het niet uitmaken welke religie, voorkeur, psychologische aantekening of handicap je hebt: we zijn allemaal lerenden.

Genderneutraal lesgeven kan gevraagd worden op het moment dat er leerlingen op school zijn die aangeven niet van het ene noch het andere geslacht te zijn. Termen als ‘jongens en meisjes’ moeten dan vermeden worden, en de leerling in kwestie wil graag met de voornaam benoemd worden zonder hij of zij.

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 start-activiteiten 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.

Een studiewijzer is een *sturingsinstrument* dat een leerling in staat stelt de leerdoelen te bereiken, in actieve samenwerking met zijn leraar en medeleerlin-

Studiewijzer

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.

Figuur 161 – Planningsfuncties van de studiewijzer voor de leerlingen.

gen. 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 van 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, zoals weergegeven in figuur 160 en 161.

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. Daarbij ligt het accent op *hogere-orde leerdoelen* als het leren gebruiken van verworven basiskennis en basisvaardigheden in nieuwe – complexe, betekenisvolle en authentieke – situaties, die om een planmatige werkwijze vragen (zie paragraaf 4.3.2). Ook de *natuurkundige denk- en werkwijzen* (zie paragraaf 9.8) kunnen in een projectmatige lessenserie goed aan bod komen.

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) 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 met een onderzoekskarakter in de vorm van een experimenteel onderzoek en/of een literatuuronderzoek. Na een algemene beschrijving van de opzet van een projectmatige les of lessenserie geven we een vijftal voorbeelden van vakprojecten: *onderzoekspractica*, *eindopdrachten*, *webquests*, *projectonderwijs* en het *sector-/profielwerkstuk*. Daarna gaan we in op het leren van de leerlingen in projecten en het beoordelen van projectwerk.

4.3.1 Opbouw lessenserie

Een project kan het beste gekarakteriseerd worden door de gehanteerde werkwijze. Een belangrijke keuze die de leraar maakt is de mate van openheid van het project. In elk van de hieronder beschreven fasen van een project kun je kiezen voor meer of minder structuur en/of voor meer of minder 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 video of een serie foto's 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 vervolgactiviteiten 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 hoofdstuk 3 en 7.

Eindopdrachten

Een cursorische lessenserie 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 162 en 163 gaan over het verbruik van gas, water en elektriciteit, en over de vereisten bij een stralingsberoep. Bij de eindopdracht van figuur 162 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.

De tabel van figuur 164 geeft een overzicht van de mogelijke eindopdrachten in de hoofdstukken van een leerboek voor het tweede leerjaar.

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 162 – 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?

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 stralingsmede-

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.

werker 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 163 – Voorbeeld van een eindopdracht over beroepen waarin met straling wordt gewerkt.

Hoofdstuk	Onderwerp en onderzoeksvraag	Onderzoeksoopdracht	Presentatieopdracht
1 Natuurkunde overall	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 164 – 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. Daarmee 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 bestaande 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, sa-

menwerken 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.

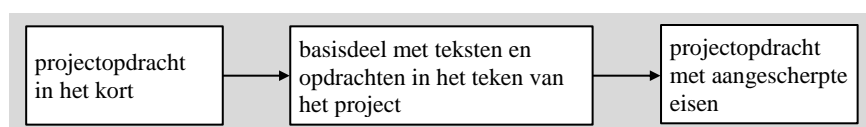
Projectonderwijs

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 165 – 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 7).

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

Onderzoeken

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

Figuur 166 – 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 167 – 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 168 – Voorbeeld van een stappenplan bij maken van een poster als presentatievorm.

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, weging, 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 166 en 167 voor een stappenplan bij onderzoeken en 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 168.

Aandachtspunten

Projectwerk is door zijn opzet minder beheersbaar dan 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 project – 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.


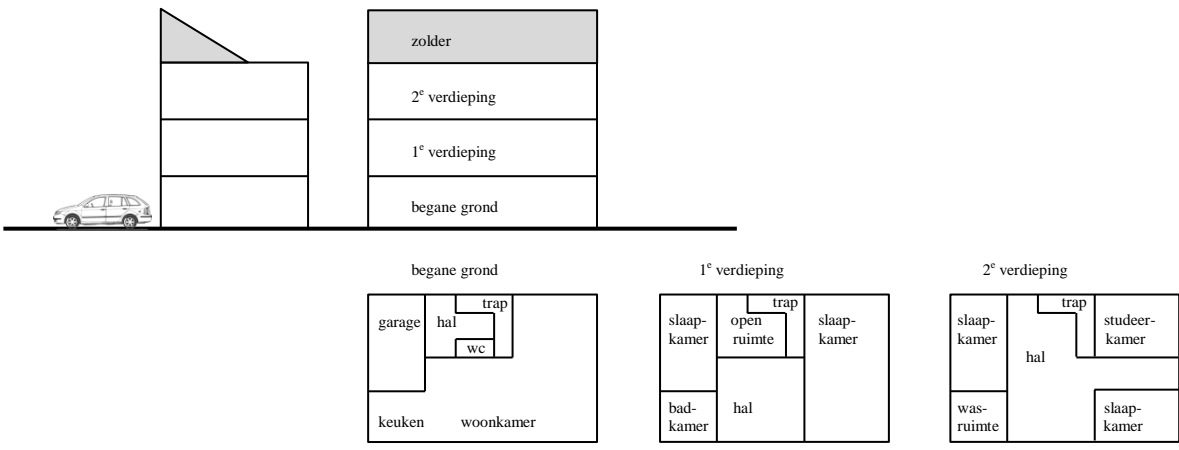
Hieronder staan in figuur 169 en 170 een voorbeeld van een eindopdracht en het bijbehorende beoordelingsformulier, in dit geval in de vorm van een *single point rubric*.

Eindopdracht

Nul-energie-woning

De afgelopen lessen hebben jullie gewerkt aan verschillende opdrachten over het duurzaam maken van een huis. Het ging om maatregelen zoals het opwekken van duurzame energie, het verwarmen en isoleren van het huis, en het beperken van het verbruik van water en van elektrische energie. Met deze kennis ga je je eigen duurzame nul-energie-woning ontwerpen.

Hieronder zie je het zijaanzicht en de plattegrond van de woning. Van dit huis ga je een nul-energie-woning maken. Daarbij maak je gebruik wat je in de afgelopen lessen geleerd hebt – en als je nog meer weet mag je dat ook gebruiken.

The architectural drawings show a side elevation of a house with a gabled roof and a car parked in front. To the right is a vertical section showing four levels: zolder (attic), 2^e verdieping (second floor), 1^e verdieping (first floor), and begane grond (ground floor). Below are three floor plans: the ground floor includes a garage, kitchen, living room, bathroom, and toilet; the first floor includes two bedrooms, a bathroom, and a living area; the second floor includes two bedrooms, a study, and a living area.

Je bedenkt voor ten minste acht plekken in het huis een duurzame maatregel en legt uit waarom dit een duurzame maatregel is.

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

Bij de beoordeling van deze eindopdracht zal het bijgevoegde beoordelingsformulier gebruikt gaan worden.

Figuur 169 – Voorbeeld van een eindopdracht: de nul-energie-woning.

Tekortkomingen	Ruim voldoende beheersing	Bijzondere kwaliteit	Score 1 – 10	Gewicht
	Je hebt ten minste twee maatregelen voor <i>verwarmen en isoleren</i> van het huis beschreven en per maatregel uitgelegd waarom dit een duurzame maatregel is.			25%
	Je hebt ten minste twee maatregelen voor het beperken van het <i>verbruik van water</i> beschreven en per maatregel uitgelegd waarom dit een duurzame maatregel is.			25%
	Je hebt ten minste twee maatregelen voor het beperken van het <i>verbruik van elektrische energie</i> beschreven en per maatregel uitgelegd waarom dit een duurzame maatregel is.			25%
	Je hebt in totaal ten minste tien duurzame maatregelen beschreven en per maatregel uitgelegd waarom dit een duurzame maatregel is. Je hebt je maatregelen genummerd en een titel gegeven, en de nummers en titels op de juiste plaats en overzichtelijk in het zij-aanzicht en de plattegrond van de woning geplaatst.			25%
Opmerkingen		Eindscore Eindcijfer		

Figuur 170 – 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 leerlingen. 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 171 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 Maximum score		
...		
Totale score Cijfer		

Figuur 171 – Beoordelingstabel met criteria en score.

Bij de beoordelingstabel van figuur 172 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 leerlingen, als elk criterium tot in de details wordt beschreven, de neiging krijgen precies te doen wat er gevraagd wordt en niet meer dan dat. De 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 Maximum score					
...					

Figuur 172 – Beoordelingstabel met criteria, niveaus en score.

De beoordelingstabel van figuur 173 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 Maximum score			
...			

Figuur 173 – 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 – waaronder de inzet van benaderingen als *flipping the classroom*, *gamification* en taakwerk – en met voldoende differentiatie naar interesse, niveau, tempo en werkwijze – al dan niet in de vorm van gepersonaliseerd leren waarbij leerlingen op eigen wijze en in eigen tempo werken aan eigen leerdoelen.

Een andere manier om meer afwisseling te realiseren is de projectmatige lessenserie – waaronder onderzoekspractica, projectmatige eindopdrachten en *webquests* – 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 – meer mogelijkheden voor differentiatie 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 ruimte is voor differentiatie naar interesse, niveau, tempo, werkwijze en/of leerdoelen.