

Praktijkboek natuurkundedidactiek

vmbo en onderbouw havo/vwo

Natuurkundelessen ontwerpen



Redactie
Hans Poorthuis, Koos Kortland & Ad Mooldijk

 **HOGESCHOOL
UTRECHT**
Instituut Archimedes



Universiteit Utrecht
Freudenthal Instituut

**Praktijkboek natuurkundedidactiek – Natuurkundelessen ontwerpen
vmbo en onderbouw havo/vwo**

Redactie:

Hans Poorthuis, Koos Kortland & Ad Mooldijk

© 2020 Hogeschool Utrecht | Universiteit Utrecht

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van de auteurs – met uitzondering van het gebruik van dit materiaal voor onderwijsdoeleinden in de lerarenopleiding.

Hoofdauteur: Hans Poorthuis

Eindredactie en vormgeving: Koos Kortland

Websitebeheer: Ad Mooldijk

Omslagafbeelding: 123rf.com, Andrey Kuzmin

Website: www.natuurkundelessen-ontwerpen.nl

Voorwoord

Het *Praktijkboek natuurkundedidactiek – Natuurkundelessen ontwerpen* is bedoeld voor gebruik bij het onderdeel vakdidactiek in de tweedegraads lerarenopleiding als kennisbasis voor (aanstaande) natuurkundeleraren in het vmbo (voor het vak NaSk 1) en de onderbouw van het havo en vwo. Het biedt daarnaast ondersteuning aan de leraar die daar actief aan de slag wil met het verder ontwikkelen van het eigen onderwijs.

De teksten in dit praktijkboek schrijven niet voor wat een leraar zou moeten doen en hoe, maar geven op praktijkervaringen gebaseerde (en soms wetenschappelijk onderbouwde) informatie, geïllustreerd met inspirerende voorbeelden. De nadruk ligt daarbij op de dagelijkse lespraktijk: praktische, direct in de klas toepasbare vakdidactiek.

Via de aan dit praktijkboek gekoppelde website www.natuurkundelessen-ontwerpen.nl is een verbreding, verdieping en onderbouwing mogelijk door het raadplegen van bronnen voor verdere studie en lesmateriaalvoorbeelden. Deze website geeft ook ondersteuning voor lerarenopleiders bij het gebruik van dit praktijkboek in de vorm van mogelijke en naar eigen inzicht aanpasbare opleidingsactiviteiten.

Bronvermelding

De informatie in dit praktijkboek komt – zoals hierboven al gezegd – niet uit de lucht vallen, maar is enerzijds gebaseerd op ideeën, lesmaterialen, praktijkervaringen en onderzoek van de redactieleden en de auteurs, en anderzijds op tijdschriftartikelen en boeken van andere vakdidactici en onderwijsonderzoekers. Er is – anders dan gebruikelijk, met het oog op de leesbaarheid – voor gekozen om de verwijzingen naar die publicaties niet in de tekst van het praktijkboek op te nemen. Die verwijzingen staan per hoofdstuk op de aan dit praktijkboek gekoppelde website bij ‘bronnen voor verdere studie’.

Vakdidactiek

Onderwijsvernieuwingen voltrekken zich tegenwoordig in een razend tempo. Ook in het natuurkundeonderwijs. De ene vernieuwing is nog niet geïmplementeerd of hij wordt alweer aangevuld of vervangen door een volgende. Steeds lijkt het te gaan om noodzakelijke, beargumenteerde verbeteringen van een kennelijk ongewenste ‘traditionele’ situatie. Daarbij kan het gaan over *scientific literacy*, de concept-contextbenadering en combinaties van vakken tot leergebieden als *science* of natuur en techniek.

Dergelijke discussies vormen een eerste onderdeel van ‘de vakdidactiek’: het *curriculumniveau*. Over de vakken die worden gegeven en de (globale) inhoud daarvan beslist de landelijke overheid, over de uitwerking daarvan tot lesmethodes beslissen de educatieve uitgeverijen. Op dit niveau heb je dus als individuele leraar, opleider of auteur weinig tot niets te zeggen, behalve het uitoefenen van invloed op dit soort beslissingen via de beroepsvereniging NVON, het deelnemen aan de betreffende discussies en het waar mogelijk implementeren van de beoogde onderwijsvernieuwingen in je eigen lessen (en mogelijk daarover rapporteren in vakbladen zoals *NVOX*).

Een tweede, op dat laatste aansluitend en minstens zo belangrijk onderdeel van ‘de vakdidactiek’ is die van de lespraktijk: het op grond van een heldere, uitgesproken onderwijsvisie ontwerpen, uitvoeren en evalueren (en op grond daarvan bijstellen) van vakspecifieke onderwijsleerprocessen in een diversiteit aan leerstofdomeinen binnen het vakgebied, zoals mechanica, energie, optica, elektriciteit en magnetisme, deeltjesfysica en ioniserende straling – al dan niet aan de

hand van de door de vaksectie op school gekozen lesmethode. Daar heb je wel invloed: hoe introduceer je een lessenserie, wat zijn de leerdoelen, welke structuur hebben de lessen, welke al dan niet activerende werkvormen gebruik je, welke rol speelt ICT daarin, hoe zorg je voor de gewenste begripsontwikkeling bij leerlingen gegeven hun eigen denkbeelden en de vakstructuur, hoe ga je na in hoeverre de leerdoelen zijn bereikt en hoe past de lessenserie in de misschien samen met collega's van de andere natuurwetenschappelijke vakken vastgestelde leerlijnen voor algemene vaardigheden als probleemoplossen, onderzoeken en ontwerpen? Dat is dus 'de vakdidactiek' op *lespraktijkniveau*, waarover het in dit praktijkboek vooral zal gaan.

De teksten in dit praktijkboek kunnen de indruk wekken van: "Zo zit het. Doe het zo, dan gaat het goed." Dat kán het geval zijn, maar of het ook zo werkt hangt altijd af van het leerklimaat in de lessen, het karakter van de leerlingen en de relatie tussen de leraar en de klas. Daarnaast kunnen meer toevallige omstandigheden een rol spelen, zoals het uur van de dag, wat er in die klas in de les ervoor gebeurd is en wat er in de les erna zal gaan gebeuren. Los daarvan – en belangrijker – geldt dat bij het ontwerpen, uitvoeren en toetsen van je onderwijs vaak meerdere alternatieven zijn te bedenken, die even goed of beter kunnen blijken uit te vallen. Voor het ontwikkelen van inzicht in die alternatieven is ervaring nodig, maar ook een bepaalde houding: een bereidheid om keuzes te evalueren en ter discussie te stellen. Bedenk daarom altijd: onderwijs maken is geen kwestie van een recept uitvoeren, maar van alternatieven bedenken, daaruit een zo goed mogelijk beredeneerde keuze maken en de gemaakte keuze evalueren.

Leeswijzer

Het eerste hoofdstuk van dit praktijkboek geeft een inleiding op het karakter van het schoolvak natuurkunde in het vmbo en de onderbouw havo/vwo en op wat er van een leraar verwacht wordt bij het vormgeven van vakspecifieke onderwijsleerprocessen.

In hoofdstuk 2 komt eerst de praktijk van het ontwerpen en uitvoeren van veel voorkomende lesonderdelen zoals het aanbieden van leerstof, het stellen van vragen, het uitvoeren van demonstraties en het uitleggen van opgaven aan de orde. Dat wordt in de hoofdstukken 3 en 4 gevolgd door het combineren van deze lesonderdelen tot verschillende soorten lessen (theorieles en practicumles) en lessenseries (cursorische en projectmatige lessenserie) in een aantal varianten. In deze drie hoofdstukken is dus sprake van een opbouw 'van klein naar groot': van lesonderdelen via lessen naar lessenseries. Dat wordt dan in hoofdstuk 5 afgesloten met de toetsing van de kennis en vaardigheden die de leerlingen in een lessenserie hebben opgedaan, met onder andere aandacht voor de constructie van toetsvragen en toetsen en het bewaken van de kwaliteit daarvan.

Daarna geeft hoofdstuk 6 zicht op de mogelijke aanpak van de begripsontwikkeling van leerlingen, zowel in het algemeen (door middel van het reageren op en productief gebruik maken van leerlingdenkbeelden) als meer specifiek bij een aantal onderwerpen uit de verschillende leerstofdomeinen die bij leerlingen vaak tot begripsproblemen leiden. In hoofdstuk 7 komt de mogelijke aanpak van de vaardigheidsontwikkeling van leerlingen op gebieden als probleemoplossen, onderzoeken, ontwerpen en oordeels- en besluitvorming aan de orde.

Hoofdstuk 8 heeft het karakter van een wegwijzer naar de beschikbare hulpmiddelen voor het vormgeven van het natuurkundeonderwijs, zoals leerplanontwikkelingsprojecten, leerboeken en multimediale leermiddelen, examenprogramma's en vmbo-examens, computersoftware en het aanbod van musea, science centers en bedrijven om de 'wereld buiten de school' de les in te halen.

In hoofdstuk 9 staat het verder verbeteren van het eigen onderwijs door het zelf ontwerpen van lesmateriaal centraal. Daarbij wordt aandacht besteed aan verschillende didactische benaderingen van het vak en het vakonderwijs, zoals de concept-contextbenadering, het onderzoekend, probleemstellend en probleemgeoriënteerd leren, taal en vaktal, en natuurkundige denk- en werkwijzen. Dat zijn vakdidactische benaderingen die vaak in de op school gebruikte leerboeken (nog) niet zijn terug te vinden, en daardoor om eigen ontwerpactiviteiten vragen.

Ten slotte staat het laatste hoofdstuk in het teken van (verdere) professionalisering, met een overzicht van beroepsverenigingen en instellingen als bron van inspirerende lesmaterialen en praktijkervaringen van leraren, en een schets van de mogelijkheden voor nascholing. En als allerlaatste: het ontwerpgericht praktijkonderzoek, met een meer onderzoeksmatige benadering van het vakdidactisch ontwerpen uit hoofdstuk 9.

Met deze inhoud geeft dit praktijkboek naar ons idee een redelijk compleet beeld van de natuurkundedidactiek in het vmbo en de onderbouw havo/vwo. Maar dit betekent zeker niet dat er geen verbreding, verdieping en onderbouwing mogelijk is – die is desgewenst te vinden in bijvoorbeeld het *Handboek natuurkundedidactiek* en de daaraan gekoppelde website www.natuurkundedidactiek.nl. En anderzijds betekent dit ook niet dat alles wat in dit praktijkboek staat in de opleiding aan de orde zou moeten komen of direct in de lespraktijk zichtbaar zou moeten zijn. Daarvoor is in de opleiding vaak onvoldoende tijd, en – zelfs als dat niet het geval zou zijn – zou er toch sprake kunnen zijn van een dreigende ‘overbelasting’ bij de voorbereiding op die lespraktijk. Een deel van dit praktijkboek is daardoor mogelijk meer geschikt om in een later stadium op terug te grijpen – na het opbouwen van voldoende ervaring met het ontwerpen, uitvoeren en evalueren (en op grond daarvan bijstellen) van ‘standaardlessen’.

Redactie

Hans Poorthuis – Emeritus natuurkunde-didacticus/lerarenopleider aan het Instituut Archimedes, Hogeschool Utrecht.

Koos Kortland – Emeritus universitaire docent/onderzoeker aan het Freudenthal Instituut, Universiteit Utrecht.

Ad Mooldijk – Natuurkunde-didacticus/lerarenopleider aan het Freudenthal Instituut, Universiteit Utrecht.

Dankwoord

De redactie wil hierbij haar dank uitspreken aan de auteurs van het *Handboek natuurkundedidactiek* van wie hun bijdrage aan dat handboek in ingekorte en bewerkte vorm is opgenomen in dit praktijkboek, zoals weergegeven in de bronvermelding bij de inhoudsopgave. Daarnaast dank aan Lesley de Putter voor haar bijdrage over gepersonaliseerd leren in paragraaf 4.2.2, aan Karel Langendonck voor het schrijven van paragraaf 5.2 t/m 5.4 over toetsvraag- en toetsconstructie, en aan de reviewers Erik van Caem, Peter Dekkers, Henk Tober, Mirjam Venneker, Wouter Spaan en Jan van Riswick voor hun commentaar en aanvullingen op de verschillende hoofdstukken-in-ontwikkeling.

Ten slotte een woord van dank aan het Instituut Archimedes van de Hogeschool Utrecht en het Freudenthal Instituut van de Universiteit Utrecht voor het faciliteren van onze werkzaamheden.

Utrecht, april 2020

Hans Poorthuis, Koos Kortland & Ad Mooldijk

Inhoud

1	Beeld van het vak en vakonderwijs	9
1.1	Inleiding	9
1.2	Natuurkunde	9
1.2.1	Karakter en inhoud van het vak	9
1.2.2	Natuurwetenschappelijke denk- en werkwijze	12
1.3	Leerklimaat	16
1.4	Competent in lesgeven	18
1.5	Afsluiting	20
2	Lesonderdelen	23
2.1	Inleiding	23
2.2	Onderwerp inleiden	23
2.3	Leerstof aanbieden	24
2.3.1	Begrippen en regels	24
2.3.2	Concept maps	31
2.3.3	Vaardigheden	33
2.4	Vragen stellen	35
2.4.1	Checkvragen	35
2.4.2	Activerende vragen	40
2.4.3	Onderwijsleergesprek	43
2.5	Demonstraties uitvoeren	47
2.6	Samenwerken	50
2.6.1	Denken-delen-uitwisselen en Experts	50
2.6.2	Samenwerkend leren	51
2.7	Opgaven bespreken	54
2.7.1	Verwerkings- en toepassingsopgaven	54
2.7.2	Rangschikopgaven	55
2.7.3	Rekenopgaven	57
2.8	Afsluiting	59
3	Lessen	61
3.1	Inleiding	61
3.2	Theorieles	61
3.2.1	Leerstofanalyse	61
3.2.2	Opbouw theorieles	65
3.2.3	Huiswerk	68
3.3	Practicumles	71
3.3.1	Practicumdoelen	72
3.3.2	Opbouw practicumles	73
3.3.3	Practicumwerkbladen	75
3.3.4	Practicumverslag	90
3.3.5	Practicumveiligheid	94
3.4	Afsluiting	95
4	Lessenseries	97
4.1	Inleiding	97
4.2	Cursorische lessenserie	97
4.2.1	Opbouw lessenserie	97
4.2.2	Recht doen aan verschillen	106
4.2.3	Studiewijzer	110
4.3	Projectmatige lessenserie	111
4.3.1	Opbouw lessenserie	111
4.3.2	Leren van een project	115

4.3.3	Projectwerk beoordelen	117
4.4	Afsluiting	120
5	Toetsing	121
5.1	Inleiding	121
5.2	Toetsvraagconstructie	121
5.2.1	Open vragen	121
5.2.2	Constructie van open vragen	123
5.2.3	Gesloten vragen	128
5.2.4	Constructie van gesloten vragen	130
5.3	Toetsconstructie	132
5.3.1	Kwaliteitscriteria	132
5.3.2	Toetscyclus	134
5.4	Toetsgereedschap	135
5.4.1	Taxonomieën	135
5.4.2	Toetsmatrijs	138
5.4.3	Toetsanalyse	140
5.5	Toetspraktijk	142
5.6	Afsluiting	144
6	Begripsontwikkeling	147
6.1	Inleiding	147
6.2	Leerlingdenkbeelden	147
6.3	Kracht, evenwicht en beweging	149
6.4	Elektrische schakelingen	159
6.5	Arbeid, warmte en energie	169
6.6	Deeltjesmodel en molecuultheorie	177
6.7	Licht en beeldvorming	181
6.8	Afsluiting	186
7	Vaardigheidsontwikkeling	187
7.1	Inleiding	187
7.2	Probleemoplossen	187
7.3	Onderzoeken	194
7.4	Ontwerpen	204
7.5	Oordeels- en besluitvorming	210
7.6	Afsluiting	215
8	Leerplan en leermiddelen	217
8.1	Inleiding	217
8.2	Leerplan en leerplanontwikkeling	217
8.3	Leerboeken en multimediale leermiddelen	223
8.4	Examenprogramma's en examens	227
8.5	Computersoftware	228
8.6	Musea, science centers en bedrijven	233
8.7	Afsluiting	234
9	Vakdidactisch ontwerpen	237
9.1	Inleiding	237
9.2	Leermiddelen ontwerpen	237
9.3	Concept-contextbenadering	241
9.4	Onderzoekend leren	247
9.5	Probleemstellend leren	250
9.6	Probleemgeoriënteerd leren	255
9.7	Taal en vaktaal	256
9.8	Karakteristieke werk- en denkwijzen	264
9.9	Afsluiting	268
10	Professionalisering	271
10.1	Inleiding	271
10.2	Beroepsverenigingen en instellingen	271
10.3	Nascholing	272
10.4	Ontwerpgericht praktijkonderzoek	273
10.5	Afsluiting	276

Bronvermelding

In de hoofdstukken 2, 4 en 6 t/m 9 is gebruik gemaakt van ingekorte en bewerkte bijdragen aan het in het voorwoord genoemde *Handboek natuurkundendidactiek* van de hand van de volgende auteurs:

- Ad Mooldijk (2.3.2)
- Ed van den Berg (2.4.1)
- Martijn Koops (2.5)
- Wouter Spaan (4.2.1)
- Gerben Bakker (4.2.1)
- Ton van der Valk (6.2 en 7.3)
- Dave van Breukelen (7.4)
- Koos Kortland (7.5)
- Ad Mooldijk & Freek Pols (8.5)
- Anne Land-Zandstra (8.6)
- Koos Kortland & Hans Poorthuis (9.2)
- Lesley de Putter (9.3)
- Henk Pol (9.4)
- Marjolein Vollebregt & Kees Klaassen (9.5 en 9.6)

Achter de auteursnamen staan de paragrafen van het praktijkboek waarin hun bijdrage aan het handboek is verwerkt.