

11

Denk- en werkwijzen natuur en techniek

- 11.1 Onderzoeksvaardigheden ontwikkelen
 - 11.2 Onderzoekend en ontwerpnd leren (OOL)
 - 11.3 Zelf onderzoeken of ontwerpen in de klas
- Opgaven

11

In dit hoofdstuk leer je meer over de onderzoekende houding bij natuur en techniek en de didactische denk- en werkwijzen van onderzoekend en ontwerpnd leren. Je leert in dit hoofdstuk welke aspecten en onderzoeksvaardigheden belangrijk zijn bij het uitvoeren van goed onderzoek, zoals goed waarnemen, voorspellen en eerlijk en herhaald testen (paragraaf 11.1). Daarnaast leer je waarom het belangrijk is om jonge kinderen al van jongs af aan onderzoeks- en ontwerpvaardigheden te leren (paragraaf 11.2 en 11.3). Ook leer je dat je deze vaardigheden niet alleen gebruikt bij wetenschappelijk onderzoek, maar dat deze onderzoeks- en ontwerpvaardigheden ook erg handig zijn om simpele vragen en/of problemen uit het dagelijkse leven beter te begrijpen of op te lossen.

Onderzoekende
houding

Eerlijk en her-
haald testen

Goed waarnemen scheelt tijd

Je hebt een lange en drukke dag achter de rug en je gaat vanavond ook nog sporten. Gelukkig staat het eten klaar als je thuiskomt, maar dat is zeker nog een half uur fietsen. Het is vandaag weer een strakke planning! Je maag rommelt flink als je op de fiets springt en je besluit om toch nog even snel wat lekkers bij de supermarkt te halen voordat je helemaal naar huis fietst. Als je bij de supermarkt aankomt, staat het vol met fietsen. Man, wat is het vandaag weer druk! Dat wordt snel doorlopen en slimme keuzes maken bij de kassa. Je pakt snel wat lekkers en loopt op de kassa's af. Voor je zie je vier enorme rijen en je wilt toch echt op tijd thuis zijn voor het eten. Welke rij zal het snelste zijn?

Snel scan je iedereen in de verschillende rijen en de hoeveelheid boodschappen in de mandjes en karretjes. Je ziet al snel veel ouders met kleine kinderen. Dat zou wel eens lang kunnen gaan duren. En daar zie je ineens ook die twee dames, die je hier wel vaker in de supermarkt hebt gezien. Ze maken altijd even een gezellig praatje met de kassières.

Na alles goed in je op te hebben genomen, kies je voor kassa 3. Die is waarschijnlijk het snelst, want daar staan maar weinig mensen met grote winkelwagens en geen ouders met kinderen. Gelukkig krijg je gelijk, kassa 3 gaat echt een stuk sneller dan alle andere kassa's. Dat was dus een slimme zet! Terwijl je al bijna aan de beurt bent, kijk je naar de baby in de winkelwagen in de rij naast je. Om de haverklap laat ze haar beker vallen en wijst vervolgens naar de vloer. Dat gebeurt niet één keer, maar wel twintig keer! Haar ouders worden er moedeloos van. Toch rapen ze de beker telkens weer op en verontschuldigen zich bij de mensen achter hen in de rij. Wat is die baby toch aan het doen? Is ze nu echt de zwaartekracht aan het testen?

Ineens voel je een hand op je schouder en hoor je plotseling: 'Jongedame, volgens mij bent u aan de beurt.' Gelukkig! Dat ging echt supersnel. Je loopt naar buiten en springt op je fiets. Nu je weer wat gegeten hebt, fiets je tevreden fluitend naar huis. Als je thuis langs het raam fietst, zie je dat je precies op tijd bent voor het eten. Het eten staat al dampend op tafel en iedereen schuift net aan.

11.1 Onderzoeksvaardigheden ontwikkelen

Onderzoeksvaardigheden

Iedere dag nemen we ontzettend veel beslissingen. Soms lijkt het alsof we die beslissingen onbewust nemen, maar zoals je in de tekst hiervoor kunt zien, kan zo'n beslissing ook de uitkomst zijn van allerlei denkwerk en waarnemingen. Om de juiste keuze voor de snelste kassa te maken gebruik je namelijk ontzettend veel onderzoeksvaardigheden. Zo ben je eerst bezig met goed waarnemen en op basis daarvan doe je allerlei voorspellingen. Bij je voorspelling houd je rekening met eerdere ervaringen en gebruik je logische redeneringen, zoals: 'Als ik een rij zie met veel mensen met allemaal volle winkelwagentjes, dan zal die rij waarschijnlijk het langzaamst zijn.'

Waarnemen

Uiteindelijk kies je voor een rij, maar houd je ook goed in de gaten wat er in de rijen naast je allemaal gebeurt. Zo test je je eigen voorspelling. Er zijn natuurlijk allerlei factoren die bepalen of jouw rij uiteindelijk de snelste rij zal zijn. Wat bepaalt nu of je voorspelling ook echt uitkomt? Blijkt je

een rij gekozen te hebben met een nieuwe kassière die nog van alles moet navragen bij collega's, dan zou je voorspelling die dag wel eens helemaal de mist in kunnen gaan. Echter, hoe vaker je voorspellingen doet en daarna ook test, hoe beter je wordt in je eigen voorspellingen. Ook leer je op welke factoren je moet letten om goede voorspellingen te kunnen doen.

Als je echt wilt weten wat het effect is van al die verschillende factoren die van invloed zijn op de wachttijd bij de kassa, dan zul je die ook allemaal afzonderlijk moeten testen. Dat is in het dagelijks leven soms een lastige of zelfs onmogelijke uitdaging.

Winkeliers vinden het echter ook belangrijk dat klanten niet al te lang hoeven te wachten. Anders zouden klanten wel eens voor een andere supermarkt kunnen kiezen. Daarom wordt er ook specifiek onderzoek gedaan naar dit soort vraagstukken. Bij goed onderzoek wordt er steeds maar naar één variabele gekeken. De tests worden precies zo bedacht dat andere factoren even geen rol spelen. De kennis uit dit soort onderzoek wordt weer gebruikt om te bepalen hoeveel kassières de winkelier in dienst moet nemen en wat hun dienstrooster moet zijn. Daarmee zorgt de winkelier dat zijn klanten tevreden blijven.

Iedereen leert van jongs af aan al allerlei onderzoeksvaardigheden. Jonge kinderen – zoals de baby in het verhaal hiervoor – zijn vaak heel nieuwsgierig en zijn al op allerlei manieren bezig met onderzoeken en testen. Een baby weet natuurlijk nog niet wat zwaartekracht is, maar baby's leren wel dat een voorwerp altijd naar beneden valt. Door voorwerpen steeds opnieuw te laten vallen, ontdekken ze logische verbanden en leren ze spelenderwijs hoe de wereld om hen heen werkt.

Onderzoeksvaardigheden kun je ook bewust trainen, zodat je bijvoorbeeld beter wordt in het voorspellen van de snelste rij bij de kassa. Dat maakt je leven soms een stuk gemakkelijker. Als je zelf erg goed wordt in het waarnemen en voorspellen, dan kun je bijvoorbeeld ook precies het juiste moment kiezen om voor jezelf dat gave baantje of wat extra kleedgeld te regelen! De mogelijkheden zijn enorm.

Soms train je deze onderzoeksvaardigheden bewust en soms zorgen bepaalde omstandigheden daarvoor. Mensen die minder goed zien of zelfs blind zijn, leren bijvoorbeeld ontzettend goed waarnemen met hun oren, neus en handen. Blinde mensen zijn soms zelfs in staat om de afstand tot muren en voorwerpen te bepalen, door weerkaatsing van het geluid om hen heen goed in de gaten te houden. Dat is voor de meeste mensen echt een onmogelijke opgave!

In het dagelijks leven, maar ook op je werk, kun je er heel veel voordeel van hebben als je zelf een onderzoekende houding hebt en over goede onderzoeksvaardigheden beschikt. Daarom wordt daar de laatste jaren ook steeds meer aandacht aan besteed op de pabo en in het basisonderwijs. Een aantal jaar terug hebben Pierre Kemmers en Marja van Graft daar een belangrijke bijdrage aan geleverd door het document 'Onderzoekend en Ontwerpend Leren (OOL) bij Natuur en Techniek' te schrijven. Hierin wordt door middel van een 7-stappenplan uitgelegd hoe en welke onderzoeks- en ontwerpvaardigheden je kinderen in het basisonderwijs kunt leren. Ook demonstreren ze hoe natuur en techniek een onderdeel kan vormen van geïntegreerde lessen met maatschappelijke vraagstukken. Daarmee kun je kinderen nog beter voorbereiden op hun toekomst. Kinderen leren zo door middel van OOL van jongs af aan om onderzoeks- en ontwerpvaardigheden te gebruiken om de wereld om hen heen beter te begrijpen.

Voorspellen

Ontwerpvaardigheden

11.2 Onderzoekend en Ontwerpend Leren (OOL)

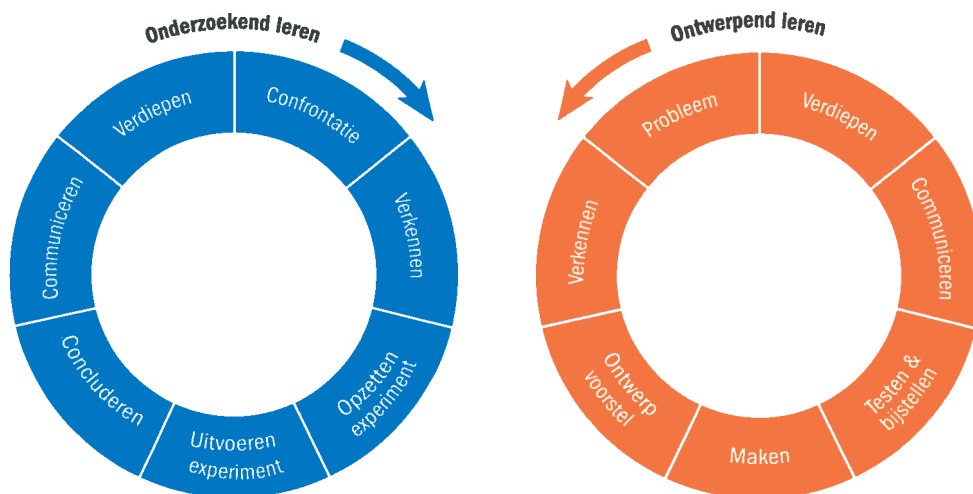
Onderzoekend en ontwerpend leren

De didactische aanpak van onderzoekend en ontwerpend leren stimuleert kinderen om te denken als kleine wetenschappers of ontwerpers in de dop. Zo leren ze al heel jong allerlei onderzoeks- en ontwerpvaardigheden. Dat begint al bij de kleuters, bijvoorbeeld door kleuters goed te leren waarnemen (met alle zintuigen: zien, horen, proeven, ruiken en voelen). Ook kun je met kleuters al starten met het maken van technische constructies, door ze bijvoorbeeld te vragen wie de hoogste toren kan bouwen. Zo leren kleuters spelenderwijs welke torens en bruggen stevig zijn en waarom.

7-Stappenplan

Voor zowel onderzoekend als ontwerpend leren is een 7-stappenplan ontworpen dat structuur biedt voor het ontwerpen van lessen op basis van OOL (zie figuur 11.1).

FIGUUR 11.1 Onderzoekend en ontwerpend leren



Bij het ontwerpen van lessen hoeft een leerkracht trouwens niet per se een keuze te maken tussen onderzoekend of ontwerpend leren. Soms kun je de 7 stappen van onderzoekend en ontwerpend leren zelfs heel mooi met elkaar combineren of in elkaar over laten lopen.

Door gebruik te maken van het 7-stappenplan daag je kinderen al vanaf de start van de les uit met spannende vragen of interessante problemen. Als de onderwerpen van de les vervolgens ook nog zo gekozen worden dat ze nauw aansluiten bij de beleevingswereld van de kinderen in de klas, raken kinderen pas echt verwonderd. Ze worden nieuwsgierig en willen weten wat er gebeurt. Zo daag je de kinderen in de klas dus echt uit om op zoek te gaan naar antwoorden, oplossingen en verklaringen. Roeland van der Rijst beschrijft in zijn artikel 'De zes aspecten van een Wetenschappelijke Onderzoekende Houding' welke aspecten belangrijk zijn voor een onderzoekende houding:

- 1 kritisch willen zijn;
- 2 willen begrijpen;
- 3 willen bereiken;

- 4 willen delen;
- 5 willen vernieuwen/innoveren;
- 6 willen weten.

Het stimuleren van deze onderzoekende houding bij kinderen zorgt ervoor dat kinderen de juiste vaardigheden leren om de wereld om hen heen beter te leren begrijpen. Hoe het 7-stappenplan van onderzoekend en ontwerpend leren precies gebruikt wordt om die onderzoekende houding bij kinderen te stimuleren, lees je hierna.

11.2.1 Onderzoekend leren

Het 7-stappenplan van onderzoekend leren is als volgt opgebouwd:

- 1 confrontatie;
- 2 verkennen;
- 3 opzetten experiment;
- 4 uitvoeren experiment;
- 5 concluderen;
- 6 presenteren/communiceren;
- 7 verdiepen (of soms verbreding).

Hierna volgt een kort voorbeeld van een les, waarbij gebruik is gemaakt van het 7-stappenplan voor onderzoekend leren.

VOORBEELD 11.1

Verwondering

Tijdens de confrontatiefase van je les daag je kinderen uit met het onbekende en zorg je voor verwondering. Wat gebeurt daar nu? Hoe kan het dat de juf of meester ineens van alles kan laten zweven? (Stimuleren: willen weten/willen begrijpen/willen bereiken)

Verwondering

Vervolgens ga je samen met de kinderen verkennen wat er nu precies aan de hand is. Wie weet wat hier gebeurt? De kinderen bedenken nu allerlei verklaringen voor wat ze zien, maar ze weten nog steeds niet wat er precies gebeurde tijdens de confrontatie. Dit is gelijk een mooi moment voor de leerkracht om te verkennen wat kinderen al weten over het onderwerp en te zorgen dat de les niet te moeilijk of te gemakkelijk wordt. Daarmee blijf je kinderen op het juiste niveau uitdagen. Dit noemt men ook wel de zone van de naaste ontwikkeling.

Tijdens de fase 'opzetten experiment' bedenken de leerlingen samen met de leerkracht hoe ze nu kunnen onderzoeken/uitvinden hoe je van alles kunt laten zweven. Ze bedenken verschillende proefjes om dit uit te zoeken en goed te testen. Vervolgens testen ze hun voorspellingen met de bijbehorende proefjes.

Uiteindelijk concluderen de kinderen aan de hand van de voorspellingen en experimenten waarom ze denken dat de leerkracht van alles kan laten zweven. Waarschijnlijk is het de kinderen inmiddels gelukt om zelf van alles te laten zweven. Ze presenteren dit samen in de klas of aan elkaar (Stimuleren: willen delen). Nu weten ze zelf ook hoe dit werkt! Dat is natuurlijk geweldig. De leerkracht kan nu meteen goed zien of zijn lesdoel bereikt is en de kinderen echt begrijpen wat er aan het begin van de les gebeurde.

Nu zijn we al bij de laatste stap van de les: de verdieping/verbreding. Hier daag je kinderen opnieuw uit om nog meer te willen begrijpen, weten en leren. Kies je voor verdieping dan duik je nog een laagje dieper in de lesstof. Hoe werkt dit nu precies? Kies je hier voor verbreding dan is de vraag veel meer: 'Waar zie je dit verder nog terug?'

Kritische houding

Zoals je ziet, komen veel van de kenmerken van de onderzoekende houding heel duidelijk terug in de voorbeelden (willen leren, willen begrijpen, willen bereiken en willen delen). Wat bij onderzoekend leren echter ook erg gestimuleerd kan worden is het 'kritisch willen zijn'. Voor goed onderzoek heb je namelijk ook een kritische houding nodig. Zo is het bij onderzoekend leren en experimenteren erg belangrijk om kritisch te kijken naar verklaringen en conclusies. Klopt het wat een ander zegt of wat je leest in een boek of een krant? Hoe zou je daarachter kunnen komen?

Ook is het erg belangrijk om proefjes vaker uit te voeren. Daarmee kun je uitsluiten dat het resultaat een toevalstreffer is. Belangrijk is ook om niet allerlei verschillende factoren tegelijk te testen. Dan weet je namelijk nooit meer wat precies wat veroorzaakt en kun je geen logische conclusies trekken. Dit noem je eerlijk meten. Door kinderen vragen te stellen als 'Gebeurt dit iedere keer precies zo?' 'Weet je zeker dat het nu echt aan het gewicht van het blokje ligt?' 'Zou er ook nog een andere oorzaak kunnen zijn?' leer je kinderen kritisch denken en logisch redeneren. Al die onderzoeksvaardigheden zoals waarnemen, experimenteren, verwerken en concluderen helpen kinderen vervolgens ook om nieuwe mogelijkheden te ontdekken (willen vernieuwen/innoveren).

FIGUUR 11.2 Onderzoeken met de klas



11.2.2 Ontwerpend leren

Bij ontwerpend leren stimuleer je de kinderen om zelf (nieuwe) producten te ontwerpen. Hierbij komen vooral de ontwerpvaardigheden aan bod zoals ontwerpen, maken en gebruiken. Ook technische principes en concepten spelen hierbij een belangrijke rol (zie ook hoofdstuk 8). Het 7-stappenplan voor ontwerpend leren ziet er als volgt uit:

- 1 probleem(stelling);
- 2 verkennen;
- 3 ontwerpvoorstel maken;
- 4 maken;
- 5 testen en bijstellen;
- 6 presenteren/communiceren;
- 7 verdiepen (of soms verbreden).

Als je de zeven stappen van onderzoekend en ontwerpend leren met elkaar vergelijkt, zie je meteen een aantal duidelijke overeenkomsten. Ook hier begint je les met verwondering en uitdaging. Er is een probleem wat we graag willen oplossen. Hoe zouden we dat kunnen aanpakken?

In dit stappenplan zie je ook gelijk het stimuleren van de onderzoekende houding terug. Kun jij nu zelf achterhalen hoe je de verschillende aspecten van de onderzoekende houding terugziet in het 7-stappenplan van ontwerpend leren? Een belangrijk onderdeel van de ontwerpcyclus is het testen en aanpassen van het product dat de kinderen maken. Hun eerste ontwerp of model (ook wel prototype genoemd) wordt zo stapje voor stapje aangepast aan de eisen van het ontwerpvoorstel. Kinderen worden tijdens het ontwerpproces bovendien uitgedaagd om zelf met creatieve en nieuwe oplossingen te komen (willen vernieuwen/innoveren).

11

Prototype

11.3 Zelf onderzoeken of ontwerpen in de klas

Onderzoekend en ontwerpend leren laat kinderen tijdens de les zelf ontdekken hoe de wereld om hen heen werkt. Je kunt aan kleuters uitleggen wat plantjes allemaal nodig hebben om te groeien, maar je kunt het ook

FIGUUR 11.3 Onderzoekende kleuter



samen met kinderen ontdekken. De leerkracht is tijdens een les onderzoekend en ontwerpend leren zowel expert als coach en helpt de leerlingen zo om hun eigen ontdekkingen te kunnen doen. De mate van sturing in de les kan daarbij variëren afhankelijk van de beginsituatie van de klas of de leerlingen.

Op www.samenonderzoeken.nl vind je veel spannende voorbeelden van lessen waarbij onderzoekend en ontwerpend leren is toegepast.

VOORBEELD 11.2

Samen ontdekken

Hoe zou je met je klas het beste kunnen ontdekken wat de invloed van licht, water en temperatuur is op de groei van plantjes (bijvoorbeeld tuinkers)? Om dit te achterhalen zul je slimme proefjes moeten bedenken met de kinderen, waarbij je steeds maar één variabele verandert. Zo kun je alleen het effect van licht op de groei van plantjes goed testen als je de hoeveelheid water en de temperatuur gelijk houdt (eerlijk testen). Bovendien is het handig om een proefje meerdere keren uit te voeren. Zo kun je bijvoorbeeld drie groepjes kinderen in de klas vragen om hetzelfde proefje uit te voeren. Hierdoor is de kans groter dat de conclusies die je samen trekt uiteindelijk ook zullen kloppen.

FIGUUR 11.4 Kleuters samen laten ontdekken



Opgaven

- 11.1** Bedenk drie onderwerpen voor een les onderzoekend leren.
- 11.2** Bedenk drie onderwerpen voor een les ontwerpnd leren.
- 11.3** Bedenk zelf een voorstel hoe je het beste kunt ontdekken wat de invloed van licht, water en temperatuur is op de groei van tuinkers. Hoeveel verschillende proefjes zou je dan willen doen? Maak daar een overzicht van.
- 11.4** Je krijgt acht verschillende ballen en wilt achterhalen welke eigenschappen een bal moet hebben om zo hoog mogelijk te kunnen stuiteren. Bedenk hoe je daar achter kunt komen als je de volgende ballen hebt:
- kleine bal van plastic, grotendeels gevuld met lucht
 - kleine bal van schuimrubber, grotendeels gevuld met lucht
 - grote bal van plastic, grotendeels gevuld met lucht
 - grote bal van schuimrubber, grotendeels gevuld met lucht
 - kleine bal helemaal van plastic (zonder lucht)
 - kleine bal helemaal van schuimrubber (zonder lucht)
 - grote bal helemaal van plastic (zonder lucht)
 - grote bal helemaal van schuimrubber (zonder lucht)
- Welke eigenschappen ben je nu aan het testen? Heb je de experimenten eerlijk uitgevoerd? Hoe heb je gezorgd dat de omstandigheden gelijk waren bij het stuiteren?
- 11.5** Noem drie hypothesen die zouden kunnen verklaren waarom een leerkracht voorwerpen kan laten zweven in de klas. Welke natuurlijke verschijnselen (zie hoofdstuk 7) zouden hier een rol in kunnen spelen?
- 11.6** Hoe zou je goed kunnen onderzoeken/testen welk natuurlijk verschijnsel uiteindelijk verantwoordelijk is voor het zwevende voorwerp bij vraag 11.5?
- 11.7** Hoe zou je kunnen onderzoeken welke eigenschappen zeepsop moet hebben om de grootste bellen te kunnen blazen?
- 11.8** Je hebt je eigen raceauto gemaakt van LEGO. Hoe kun je ervoor zorgen dat deze auto nog sneller wordt? Wat zou je dan moeten veranderen/testen? Hoe zou je daar een eerlijk onderzoek van kunnen maken?
- 11.9** Tijdens de geschiedenisles worden middeleeuwse katapulten besproken. Bedenk hoe je erachter kunt komen hoe een katapult precies werkt. Hoe kun je uiteindelijk testen wat het beste ontwerp voor een katapult is?

- 11.10** Als je in een vervolgles bezig gaat met katapulten, gebruik je dan onderzoekend en/of ontwerpend leren? Leg uit waarom.
- 11.11** Bedenk eens hoe men vroeger onderzoek deed. Hoe heeft men bijvoorbeeld kunnen bepalen hoe groot de aarde is? Of hoe onderzocht men vroeger hoe ons heelal eruitzag?
- 11.12** Zoek eens uit hoelang er al auto's bestaan die gebruikmaken van een elektrische motor of een verbrandingsmotor. Hebben deze verschillende typen auto's zich volgens jou logisch ontwikkeld? Welke ontdekkingen bepalen het ontwerp van de huidige auto's? Hoe zou jouw ideale auto eruit moeten zien?

Literatuur

- Akkerman, T., den Hertog, M. en Hulst, L. (2013). *Nectar. Biologie leerboek*. Groningen: Noordhoff Uitgevers.
- Boersma e.a. (2007). *Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar*. Commissie vernieuwing biologieonderwijs.
- Burnie, D. (1995). *Encyclopedie van de natuur*. Aartselaar, België: Zuidnederlandse Uitgeverij NV.
- Diephuis, R. e.a. (2014). *Specificatie leerdoelen instapniveau pabo*. Enschede: SLO.
- Greven, J. & Letschert, J. (2006). *Kerndoelen primair onderwijs*. i.o.v. Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. Enschede: SLO.
- Groenenberg, E., De Haan, H., Van Herwaarden, F. & Wierdsma, M. (2018). *Kennisbases en profilering. Lerarenopleiding basisonderwijs*. Den Haag: 10voordeleraar, Vereniging Hogescholen.
- Haarhuis, A. & Kersbergen, C. (2006). *Natuuronderwijs inzichtelijk. Een basis voor de vakinhouden van natuur, milieu en techniek*. (2e druk). Bussum: Uitgeverij Coutinho.
- Hewitt, P. G. (2015). *Conceptual Physics*. (12^e druk). Essex: Pearson Education Limited.
- Jansen, P., De Hamer, A., Louman, E. Roorda, N. & De Vries, G. (2008). *Duurzame ontwikkeling op de basisschool: praktische en didactische handreikingen*. Duurzame Pabo en Veldwerk Nederland
- Kemmers, P. & Van Graft, M. (2007). *Onderzoekend & Ontwerpend leren bij Natuur en Techniek*. Basisdocument over de didactiek voor onderzoekend en ontwerpend leren in het primair onderwijs. Den Haag: Stichting Platform Bèta Techniek.
- Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V. & Jackson, R.B. (2011). *Campbell Biology* (9th ed.). Essex: Pearson Education Inc.
- Rijst, R.M. van der (2009). *De zes aspecten van een Wetenschappelijk Onderzoekende Houding*. Leiden: ICLON Universiteit Leiden.
- Schilperoord, A, Jansen, P. en Graft, M. van (2006). *Natuur en techniek op de pabo: didactiekontwikkeling in fasen*. Enschede: SLO.
- Synaps, viaDELTA BIOLOGIE*, theorieboek havo 4/5; 1999; Leiden: SMD educatieve uitgevers.
- Synaps, viaDELTA BIOLOGIE*, theorieboek vwo B1; 1999; Leiden: SMD educatieve uitgevers.
- Synaps, viaDELTA BIOLOGIE*, theorieboek vwo B2; 1999; Leiden: SMD educatieve uitgevers.
- Turnhout, S. (2002). *Zelf de natuur in. Basisboek voor veldbiologie in Nederland*. Utrecht: KNNV Uitgeverij.
- Vaan, E. de & Marell, J. (2012). *Praktische didactiek voor natuuronderwijs*. Bussum: Coutinho.
- Van Graft, M., Klein Tank, M. & Beker T. (2016). *Wetenschap & technologie in het basis en speciaal onderwijs. Richtinggevend leerplankader bij het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld*. Enschede: SLO.
- Van Graft, M. Spek W. en Diephuis, R (2014). *Handreiking natuur & techniek. Toelichting bij de bijzondere nadere vooropleidingseisen voor de pabo*. Enschede: SLO.
-

Illustratieverantwoording

Foto's:

Shutterstock: p. 12, 15, 17, 18, 20, 29, 30, 46, 50, 53l, 53m, 59, 61, 62, 70 (2), 81, 88, 90, 101, 102, 106, 110l, 112 (4), 114, 118r, 121 (5), 122 (2), 126, 144, 148, 152, 154, 155, 156 (2), 159, 160b, 161 (2), 162 (2), 163, 164 (4), 165, 167l, 167o, 170, 178, 182l, 197rb, 197ro, 199, 214, 220, 221, 222lb, 227, 238, 245, 246, 252, 262, 264, 271, 272

Noordhoff Uitgevers: p. 31, 32, 33lb, 33ro, 36 (2), 37 (2), 38 (2), 39 (2), 40, 43, 44 (2), 45 (2)

Josie Borger: p. 32lo, 157

Wikimedia: p. 33rb, 100, 171(2), 181

Voedingscentrum: p. 69

Horst Wolter: p. 47, 158, 174

Petra Jansen: p. 86, 103, 105, 107, 108, 109, 110r, 111, 119o

Nectar 1hv, Noordhoff Uitgevers: p. 93, 94

Hollandse Hoogte: p. 143

Nectar 2/3hv: p. 104

Basiskennis Aardrijkskunde, Noordhoff Uitgevers: p. 248b

Anika Embrechts: p. 270 (2)

Technische tekeningen:

Horst Wolter: 27, 34, 41, 67, 77, 78, 135, 136, 137, 140, 141, 169

Overig technisch tekenwerk: Integra, Pondicherry, India

Register

Symbols

7-Stappenplan 268

A

Aangeboren gedrag 98
Aangeleerd gedrag 98
Aanpassing 104
Aantrekking 201
Aantrekkingskracht 255, 259
Aardas 257
Aarde 255
Aardgas 83, 231
Aardlekschakelaar 205
Aardmagnetisme 205
Aardolie 83, 231
Aaseter 104
Abiotische factor 43, 100
Absorberen 196
Accu 201
Accumulatie 78
Adaptatie 99
Ademhalingsstelsel 60
Aders 63
Adolescent 155
Adrenaline 96
Afschenken 189
Afstoting 201
Afweersysteem 71
Alarmsysteem 218
Alcohol 72
Algen 32
Allergie 75
Alleseter 104
Alveesklier 58, 96
Alveeskliersappen 58
Amfibieën 38
Amplitude 191
Anemometer 249
Antagonisten 71
Antibiotica 75
Anticonceptiepil 130
Antistoffen 73
Anus 59

As 229

Assimilatie 52

Atmosfeer 241

B

Baarmoeder 128, 130, 151
Bacterie 29, 59, 72
Bacteriële vertering 59
Ballaststoffen 66
Balts 106, 125
Balzak 128
Barometer 249
Bastvaten 55
Batterij 201
Bedektzadig 32, 121
Beenmerg 69, 74
Beschermdende stoffen 66
Bescherming 107
Bestuiving 106, 118
Bevruchting 120, 130
Beweeglijke verbindingen 223
Bewegingsenergie 231
Bewegings- en overbrengingsprincipes 223
Beweging van de aarde 257
Bezinken 189
Bijbal 128
Bijen 162
Bijnieren 96
Bijziend 199
Biodiversiteit 165
Biomassa 232
Biomimicry 108
Biotische factor 43, 101
Biotoop 44
Blaas 66
Bladeren 54
Bladgroenkorrel 25, 108
Bladval 158
Bliksem 240
Blinde darm 59
Blinde vlek 93
Bloed 62
Bloedsomloop 63

Bloedsuikerspiegel 96
 Bloedvatstelsel 63
 Bloem 32, 117
 Bol 122
 Boogconstructie 222
 Bouwstoffen 52, 66
 Brandpunt 198
 Brandpuntsafstand 198
 Brandstoffen 52, 66, 231
 Brede basis 220
 Broeden 162
 Broedzorg 162
 Broeikaseffect 84, 232
 Broeikasgassen 84
 Bronchiën 61
 Buideldieren 39
 Buis van Eustachius 94

C

Camouflage 107
 Carnivoor 104
 Cel 22
 Celdeling 131, 133
 Celkern 24
 Cellulaire afweer 73
 Celmembraan 22
 Celplasma 22
 Celwand 23
 Centrifugeren 189
 Chemische energie 231
 Chemische vertering 57
 Chromosoom 24, 131
 Chromosoomparen 132
 Classificeren 28
 Clitoris 128
 CO₂ 52
 Communicatie 218
 Competitie 102
 Condoom 130
 Constructies 217, 219, 220
 Consument 76
 Contactkrachten 207

D

Dag- en nachtritme 256, 257
 Daglengte 257
 Dampkring 241
 Darmflora 59
 Darmkanaal 105
 Darmklieren 58
 Darmperistaltiek 57
 Darmsappen 58
 Darmvlokken 58

Darwin 164
 Decibel 193
 Determineren 41
 Dichtheid 184
 Dieren 34
 Dierlijke cellen 22
 Dierverspreiding 120
 Dikke darm 59
 Dinosaurius 38
 Directe overbrenging 229
 Dissimilatie 53
 DNA 24, 135
 Dominant 139
 Doorn 107
 Doppler-effect 194
 Draagtijd 151
 Drager 140
 Driehoeksconstructie 220
 Druk 182, 211
 Dubbele set chromosomen 131
 Duizendpoten 36
 Dunne darm 58
 Duurzaamheid 87
 Duurzame energie 216, 232
 Duurzame ontwikkeling 87
 Duw- of drukkracht 207
 Dynamisch evenwicht 85
 Dynamo 206

E

Eb en vloed 259
 Echo 193
 Echolocatie 193
 Eclips 260
 Ecosysteem 42, 43
 Eencelligen 30
 Eeneiige tweelingen 152
 Eenhuizig 118
 Eenjarige planten 157
 Eenslachtig 118
 Eerlijk en herhaald testen 265
 Ei 126
 Eicel 118, 127, 128
 Eierlegend 126
 Eierstok 97, 128, 130
 Eigenschap 130
 Eilandjes van Langerhans 96
 Eileider 128, 130
 Eisprong 130
 Eiwitten 67
 Elektriciteit 200
 Elektrische energie 231
 Elektrische stroom 201

- Elektrisch geleidende materialen 201
Elektrische kracht 207
Elektromotor 206
Elektronen 182, 200, 201
Elektronenoverdracht 201
Embryo 150
Emulgator 189
Emulsie 189
Endeldarm 59
Energie 79, 231
Energiebesparing 232
Energiebron 231
Energieomzetting 206, 231
Energieroom 79
Enkelvoudige set chromosomen 131
Enzymatische vertering 57
Enzymen 57
Erfelijk 130
Erfelijke aanleg 137
Evenwichtsorgaan 94
Evolutie 165
- F**
Fasen van de maan 258
Faseovergangen 184
Feedback 218
Fenotype 136
Filteren 189
Foetus 130, 150
Fossiele brandstoffen 83, 232
Fossielen 166
Fotosynthese 52
Frequentie 191
Functie 217, 219
- G**
Gal 58
Galblaas 58
Gasuitwisseling 61
Gedrag 98
Gedragspatroon 98
Gehoorbeentjes 94
Gehoorgang 94
Geleedpotigen 35
Gele vlek 93
Geluid 190
Geluidsbron 190
Geluidshinder 190
Geluidssnelheid 194
Geluidstrillingen 190
Gen 135
Geneesmiddelen 74
Generatie 99
- Genetische modificatie 143
Genetische variatie 169
Genotype 136
Geslachtelijke voortplanting 117, 124
Geslachtscel 127
Geslachtschromosomen 137
Geslachtshormonen 97
Geslachtskenmerk 128
Geslachtsorganen 117
Gesloten stroomkring 201
Gestreepte spieren 70
Getijden 259
Gevoel 92
Gewervelde dieren 37
Gewrichten 71
Gezond 68
Gezondheid 68
Gifstoffen 78
Giftig 107
Gladde spieren 70
Glucagon 96
Glucose 52
Glycogeen 97
Golflengte 192
Griep 72
Groenblijver 108
Grote bloedsomloop 64
Grote hersenen 95
- H**
Haarvaten 63
Hagel 245
Halfschaduw 200, 260
Hard geluid 192
Hart 63
Heelal 254
Hefbomen 223
Hefboomwet 225
Hemellichamen 256
Hemoglobine 62
Herbivoor 104
Holtedieren 35
Hormonen 96
Hormoonklier 95
Hout 231
Houtvaten 55
Huid 66, 73, 92
Huidademhaling 38
Huidmondjes 54
Huisjesslakken 36
Hygiëne 72
Hypofyse 97
-

I

IJzel 245
Immuun 74
Impuls 95
Indampen 188
Indirecte overbrenging 229
Infrasoon geluid 191
Inktvissen 36
Innesteling 130
Insecten 36
Instinctief gedrag 98
Insuline 96
In verband bouwen 222
Inwendige bevruchting 125
Iris 93
Isolatie 171

J

Jaarring 158
Jacht 104

K

Katrollen 227
Kegel 121
Kegeltjes 93
Kelkblad 117
Kernenergie 231
Kernschaduw 200, 260
Ketting 229
Kiem 156
Kiemingsfactor 157
Kiemlob 156
Kieuwen 38
Kilowattuur (kWh) 233
Kippenvel 110
Kleine bloedsomloop 63
Kleine hersenen 95
Klier 95, 96
Klimaat 43, 109, 249
Klonen 123
Knipkiezen 104
Knobbelkiezen 104
Knol 122
Knopvorming 158
Kolen 231
Kookpunt 183, 184
Koolhydraten 67
Koolstofdioxide 52, 83, 84
Koolstofkringloop 83
Koolzuurgas 52
Koorts 71
Koortswerende middelen 75
Koppotigen 36

Korstmos 103
Koudbloedig 100
Kraakbeenvissen 38
Krachten 206, 219
Kreeftachtigen 36
Kringloop van gassen 83
Kringlopen 79
Kritische houding 270
Kroonblad 117
Kruisbestuiving 118
Kruisen 142
Kunstmatige materialen 223
Kunstmatige selectie 167
Kwallen 35

L

Lens 93
Levendbarend 126
Levenscyclus 159
Lever 65, 72
Lichaamsbouw 98
Lichaamsvreemde stoffen 73
Licht 195, 231
Lichtbronnen 195
Lichtbundel 195
Lichtjaar 255
Lichtsnelheid 195
Lichtstralen 195
Longblaasjes 61
Longen 61
Los-vast verbindingen 223
Luchtdruk 240
Luchtkolom 193
Luchtledige 255
Luchtpijp 60
Lymfevaten 64
Lymfevatenstelsel 64

M

Maag 58
Maagsappen 58
Maan 258
Maansomloop 259
Maansverduistering 254, 259
Magneet 205
Magnetische kracht 207
Magnetisch veld 205
Mannelijke geslachtscel 118
Mannencondoom 130
Materiaaleigenschappen 217
Materiaaleigenschappen en natuurkundige
verschijnselen 179
Materiaal-eigenschap relaties 217

Materialen 217
Materie 181
Mechanische afweer 73
Mechanische vertering 57
Medium 190
Meeldraad 117
Meiose 132
Melkwegstelsel 254
Mengsel 189
Menstruatie 130
Menstruatiecyclus 129
Metamorfose 38, 159
Microfoon 191
Middenrif 61
Mieren 163
Milt 74
Mimicry 108
Mineralen 67, 82
Mist 243
Mitochondrion 24
Mitose 132
Moleculaire afweer 73
Mond en gebit 57
Mondiale kringloop 82
Mossen 31
Mutatie 99, 142, 169
Mutualisme 103
Mycelium 124

N

Naaktslakken 35
Naaktzadig 32, 121
Naaldvorm 109
Nageboorte 152
Natuurlijke materialen 223
Natuurlijke selectie 99, 168
Natuurlijk evenwicht 85
Navelstreng 152
Nectar 119
Neerslag 244
Negatief geladen 201
Nestblijvers 163
Nestbouw 106
Nesteldrang 126
Nestvlieders 163
Neteldieren 35
Netvlies 93
Neus 60, 92
Neutronen 182
Nevel 243
Nieren 65
Nieuwe maan 259
Nimf 161

Noordelijk halfrond 257
Noordpool en zuidpool 205
Normaal 195
Normaalkracht 207

O

Octopussen 36
Oerknaltheorie 255
Oestrogeen 97
Omnivoor 104
Onderzoekende houding 265
Onderzoekend en ontwerpend leren 268
Onderzoekend leren 14
Onderzoeksvaardigheden 266
Ongeslachtelijke voortplanting 117, 122, 126
Ongewervelde dieren 34
Ontkiemen 156
Ontlading 200
Ontsteking 73
Ontwerpend leren 14
Ontwerpvaardigheden 267
Onverzadigde vetten 67
Onvolledige metamorfose 161
Oog 92
Oogbol 93
Oogzenuw 93
Oor 92
Oorschelp 94
Oplossing 187
Oppervlaktetenspanning 187
Optische midden 199
Opwaartse kracht 185
Ordening 27
Orgaan 25
Orgaanstelsel bij planten 26
Orgaanstelsels 25
Organellen 22
Organisatieniveaus 21
Organisme 27
Oscilloscoop 191
Ouderzorg 162
Overblijvers 157
Ovulatie 130

P

Paardenstaarten 32
Paarseizoen 125
Paddenstoel 123
Parallelschakeling 203
Parasitisme 103
Paringsdrang 125
Pezen 71

Penis 128
Permanente verbindingen 223
Pijnstillers 75
Piramideconstructie 220
Plaag 85
Placenta 39, 152
Planeten 254, 255
Planten 31
Plantencellen 22
Planteneter 104
Plastic soep 80
Plooi kiezen 104
Poortader 65
Poot 105
Populatie 42
Positief geladen 201
Potentiële energie 231
Predator 104, 107
Predator-prooi relatie 85
Prikkel 92
Primaire hefbomen 224
Primair geslachtskenmerk 128
Producent 76
Productie 217
Profielen 222
Progesteron 97
Prooi 104, 107
Prostaat 128
Protonen 182
Prototype 271
Puberteit 154
Pupil 93

R

Randaarde 205
Reactie 95
Recessief 139
Rechtlijnige beweging 230
Reflecteren 196
Reflex 95
Regelsysteem 218
Regen 245
Regenmeter 245
Rendement 231
Reptielen 38
Reservestoffen 52
Reservevoedsel 156
Rijpen 184
Rode bloedcellen 62
Ronddraaiende beweging 230
Roofdier 104
Ruggenmerg 95
Rui 109

S

Samenlevingsvorm 103
Saprophytisme 103
Schaamlip 128
Schakelaar 201
Scheidingstechnieken 188
Schelpdieren 36
Schijf van vijf 68
Schijngestalten van de maan 259
Schimmeldraad 124
Schimmels 30
Schrikkeljaar 259
Schutkleur 106, 107
Secundaire hefbomen 224
Secundair geslachtskenmerk 128
Segmenten 36
Seizoenen 256, 257
Sensoren 218
Serieschakeling 203
Skelet 69
Slagaders 63
Slakkenhuis 94
Slokdarm 57
Smaakpapillen 95
Smaakzintuig 92
Smeltpunt 183, 184
Snaarinstrument 192
Snavel 104
Sneeuw 244
Snelheid 105
Soort 27, 164
Spanning 203
Spanningsbron 201
Speeksel 57
Sperma 130
Spermacel 127
Spiegelwet 195
Spier 70, 95
Spierkracht 231
Spijsverteringsstelsel 56
Spinachtigen 36
Sponzen 35
Spore 32, 122, 123
Sporenplant 31, 122
Staaftjes 93
Stamper 117
Steenkool 83
Stekel 107
Stekelhuidigen 36
Stekken 123
Stempel 118
Ster 255
Sterren 255

Sterrenstelsel 254
Stofwisseling 53
Stofwisseling bij dieren 56
Stofwisseling bij planten 54
Stroomcircuit 203
Stroomschakeling 203
Stroomsterkte 203
Stuifmeel 117
Sublimeren 184
Suspensie 189
Symbiose 103

T

Takel 228
Tandwielen 229
Tast 92
Tastzintuig 92
Techniek 216
Techniekdomeinen 216
Technologie 216
Teelbal 97, 128
Temperatuur 240
Territorium 106
Tertiaire hefbomen 225
Testosteron 97
Thermostaat 218
Thymus 74
Tong 92
Toonhoogte 192
Tracheeën 36
Transport 55, 217
Transportvaten 55
Transportweefsel 55
Trekkracht 207
Trilharen 61
Trommelvlies 94
Troposfeer 241
Tussenstof 190
Twaalfvingerige darm 58
Twee-eiige tweelingen 152
Tweehuizig 118
Tweejarige planten 157
Tweeslachtig 118

U

Uitloper 122
Uitscheidingsstelsel 65
Uitwendige bevruchting 125
Ultrasoon geluid 191
Urine 66
Urinebuis 128

V

Vaatplanten 31
Vaccinatie 74
Vacuole 24
Vacuüm 255
Vagina 128, 130
Varens 32
Vast 182
Vaten 32, 55
Veerkracht 207
Veldkrachten 207
Verbindingen 217, 223
Verdedigen 107
Vergroten 198
Vergrotingsfactor 198
Vermogen 231, 232
Versnelling 229
Verstoring 78, 80, 82, 84, 85
Vertering 56
Verteringsenzymen 57
Vervluchtigen 184
Verwerking 218
Verwondering 269
Verzadigde vetzuren 67
Verziend 199
Vetlaag 109
Vetten 67
Vezel 66
Virus 72
Vissen 38
Vitamines 67
Vleeseter 104
Vloeibaar 182
Voeding 104
Voedingsmiddelen 66
Voedingsstoffen 66, 67
Voedselketen 76
Voedselkringloop 82
Voedselpiramide 77, 78
Voedselweb 77
Vogels 39
Vogeltrek 109
Volledige metamorfose 160
Volle maan 259
Voorspellen 267
Voortplanting 106
Voortplantingscellen 132
Voortplantingsstelsel 128
Vorm 217, 220
Vorm-functie relaties 217
Vormvast 182

Vrouwelijke geslachtscel 118
Vrouwencondoom 130
Vrucht 33, 120, 155
Vruchtbeginsel 117, 120, 155
Vruchtlichaam 124
Vruchtvliezen 151
Vruchtwater 151

W

Waarnemen 266
Warmbloedig 100
Warmte 231
Warmtestraling 241, 256
Water 67
Waterkracht 232
Waterkringloop 79
Watersverspreiding 120
Watersvervuiling 80
Weefsels 25
Weekdieren 36
Weerstand 202
Windbestuiving 119
Windmeter 249
Windrichting 249
Windsnelheid 249
Windvaan 249
Windverspreiding 120
Windwijzer 249
Winterslaap 109
Witte bloedcellen 64
Woestijn 109
Wolken 243
Wormen 35
Wortels 54
Wortelstok 123
Wrijving 200, 210
Wrijvingskracht 207

X

X-chromosoom 137

Y

Y-chromosoom 137

Z

Zaad 32, 155
Zaadbal 128
Zaadbeginsel 117, 120
Zaadblaasje 128
Zaadcel 127
Zaadleider 128
Zaadlozing 128
Zaadplant 31, 117
Zaadverspreiding 120
Zacht geluid 192
Zeeanemonen 35
Zeesterren 36
Zekering 205
Zelfbestuiving 118
Zenuwcel 95
Zenuwimpuls 95
Zenuwstelsel 95
Ziekteverwekkers 72
Zintuig 92
Zogen 154
Zon 255
Zonnejaar 259
Zonnestelsel 254
Zonsondergang 256
Zonsopkomst 256
Zonsverduistering 254, 259, 260
Zoogdieren 39
Zuidelijk halfrond 257
Zuigeling 154
Zuurstof 83
Zuurstoftransport 62
Zwaartekracht 207, 226
Zwamvlok 124
Zweet 66
Zwellichaam 128
Zwezerik 74