

Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Levende cellen, Gedachte-experimenten en Menselijke machines

Sanne Dekker, Hanne Kause & Jan van Baren-Nawrocka (redactie)

Hoofdstuk 1: Creatief denken stimuleren



Colofon

Redactie: dr. Sanne Dekker, drs. Hanne Kause & drs. Jan van Baren-Nawrocka

Opmaak: Jimmy Israël MSc

Druk en afwerking: Tuijtel, Hardinxveld-Giessendam

Coverfoto's: Jimmy Israël MSc, © WKRU

Eerste druk, januari 2021

ISBN: 978-90-830422-2-0

NUR-code: 190

Wilt u een exemplaar bestellen?

Ga naar: www.wkru.nl/boek

Uitgave:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

FNWI, postvak 77

Postbus 9010

6500 GL Nijmegen

Nederland

E-mail: infowkru@ru.nl

Telefoon: 024 366 72 22

Internet: www.wkru.nl; www.wetenschapdeklasin.nl



2021 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Dit werk is gelicenseerd onder de licentie Creative Commons Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen 4.0 Internationaal.

Ga naar <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.nl> voor meer informatie over deze licentie.

Voor afbeeldingen gelden andere licentievoorwaarden; zie foto- en illustratieverantwoording achterin dit boek (p.130).

Hoofdstuk 1 Creatief denken stimuleren

David van der Kooij (Initiatiefnemer Creatief Denken in Onderwijs, co-auteur Het Ideeëntoestel) en Femke van Os (kunstenaar en docent beeldende vorming)

Creativiteit en wetenschap

Nog vaak denken we bij creativiteit als eerste aan kunst: schilderijen, beeldhouwwerken, muziek en dans. Op school: de expressieve vakken. Maar aan creativiteit ligt iets ten grondslag wat het niet alleen met kunst verbindt maar ook met wetenschap; creativiteit is bron van vernieuwing, in kunst, in wetenschap, en waar dan ook (Koestler, 1964). De volgende quote van Robbert Dijkgraaf sluit daar mooi op aan:

‘Het mooie van wetenschap ook is dat er nog een proces voorafgaat aan alles wat wij zo goed weten, de ontdekkingen, de grote theorieën, en dat is eigenlijk: de fantasie. Dat je de wereld kunt kennen. De dromer die ziet iets wat niemand anders ziet. Misschien niet eens gebaseerd op redeneren maar een intuïtie. Eigenlijk een beeld van het landschap áchter de berg. En het bijzondere is dat je in de wetenschap dit soort mensen treft, die eigenlijk een intern kompas hebben die hen hun dromen doet volgen en uiteindelijk ergens naar toe gaan en ook ergens uitkomen wat niemand van ons ziet. En ik denk dat dat aspect, dat zo dicht zit bij creativiteit en verbeelding, misschien wel de kern is waar heel veel wetenschap en onderzoek uit voortkomt.’ (Robbert Dijkgraaf, The Mind of the Universe, VPRO, 2017)

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op creativiteit en geven we een aantal concrete handvatten om praktisch met het creatief denken aan de slag te gaan in de klas.

De creatieve prikkel is een vraag

Stel je het volgende voor: Een leerling merkt thuis, in de keuken waar hij zijn vader helpt met koken, terloops op dat olijfolie op water blijft drijven en er niet in oplost, ook niet als hij het roert of schudt. Hij vraagt zich af: Waarom blijft dat drijven en limonadesiroop niet? Hierover nadenkend kan hij komen tot meer algemene vragen: Welke vloeistoffen mengen met water? Welke niet? En waarom is dat dan zo? In dit voorval herkennen we de creatieve dromer van Robbert Dijkgraaf, de dromer is nieuwsgierig, verwondert zich over wat hij waarneemt en wil het hoe en waarom ervan weten.

Je ervaart de creatieve prikkel op het moment dat je – soms plotseling en onverwacht – iets waarneemt waarbij zich vragen aan je opdringen: Hé, wat is dat? Hoe zit dat? Wat betekent dit? Zo wordt een creatief denkproces in gang gezet dat begint met een waarneming, die een vraag of een idee opwerpt, die op zijn beurt weer leidt naar een antwoord of een toepassing. In de wetenschap is dat proces vaak een lang, kronkelig en avontuurlijk pad van waarnemen, vragen stellen, hypothesen formuleren, experimenteren, toetsen en concluderen.

Wat is creativiteit?

Creativiteit – creatief denken¹ – is het vermogen om nieuwe waardevolle verbanden te zien waar we dat eerder niet deden. Archimedes klonk in bad en zag het waterpeil stijgen. Opeens – *Eureka!* – zag hij het verband tussen het volume van een voorwerp en de hoeveelheid water dat het verplaatst. Hij begreep ook de waarde van dit inzicht: nu kon hij aantonen of de kroon van de koning van zuiver goud was. Immers, als het goud van de kroon zou zijn vermengd met een ander metaal zou de kroon meer volume hebben en dus meer water verplaatsen dan een stuk goud met hetzelfde gewicht als de kroon. Dit vermogen om bijzondere verbanden te herkennen en daar vragen over te stellen is de kern van wat creativiteit drijft en is onontbeerlijk in wetenschap en onderzoek. Als je er op deze manier tegen aankijkt, wordt duidelijk dat het stimuleren van creatief denken bij je leerlingen relevant en interessant is voor projecten waarin zij zelf onderzoek mogen doen.

Creative denkstrategieën

Er is veel nagedacht en geschreven over welke denkprocessen de basisingrediënten vormen van creatief denken (Ward, Smith & Finke, 2009). Hier maken we onderscheid tussen (1) het ontdekken van patronen, (2) het creëren van categorieën en (3) het maken van ongebruikelijke combinaties.

Patronen ontdekken

Dag-nachtritme, de opeenvolging van seizoenen, de dagelijkse routine, procedures, bloemetjes-behang: allemaal voorbeelden van patronen: regelmatige herhalingen. Ze geven houvast, wat we terugzien in gewoontes en verwachtingspatronen. Patronen kunnen hardnekkig zijn en staan zo vernieuwende gedachten soms in de weg. De creatieve denker probeert bestaande patronen bewust los te laten en nieuwe te ontdekken of te creëren.

Voorbeeld: In het midden van de 19e eeuw was de gangbare theorie (= patroon) dat de infectieziekte cholera werd overgebracht door 'kwade dampen'. De medicus John Snow trok dit in twijfel en bracht tijdens de epidemie van 1854 in London nauwkeurig in kaart waar alle zieken woonden. Het patroon dat hij ontdekte wees naar een openbare waterpomp. Nadat de gemeente de zwengel van de pomp had verwijderd kwam de epidemie tot stilstand. Later onderzoek bevestigde de hypothese van Snow.

Categorieën maken

Naast onze voorliefde voor patronen hebben we ook een haast onbedwingbare neiging om de wereld om ons heen te ordenen in categorieën: planten en dieren; auto, fiets en voetganger; wij en zij. Net als patronen maakt het de zaken overzichtelijker en geeft het houvast in de dagelijkse routine. Ook hier neemt de creatieve denker geen genoegen mee: zij gaat op zoek naar onderlinge verbanden door waarnemingen te groeperen op basis allerlei verschillende eigenschappen. Door het analyseren en ordenen van waarnemingen zijn bijvoorbeeld verschillende wetenschappelijke modellen ontstaan.

Voorbeeld: In het midden van de 18e eeuw heeft de Zweedse botanicus en arts Carolus Linnaeus de grondslag gelegd voor een systeem om planten en dieren in te delen in geslachten en soorten met 'Latijnse' wetenschappelijke naamgeving. Dit stelde natuurwetenschappers in staat om eenduidig met elkaar te communiceren en nieuwe soorten in te delen naar uiterlijke kenmerken en gedrag. Dit gaf hen inzicht in onderlinge verbanden en afstamming.

¹ Creatief denken is de verzameling van cognitieve processen die leidt tot creatieve ideeën en producten. In de literatuur worden de termen creativiteit en creatief denken vaak door elkaar gebruikt.



Kinderen sorteren jassen, tassen en zichzelf op OBS De Lappendeken (Foto: Anouk Wissink)

Ongebruikelijke combinaties maken

Deze creatieve denkstrategie zien we veel terug in praktische uitvindingen. Door een broodmes en een hark naast elkaar te leggen kun je op het idee komen van een broodsnijmachine. Of een 'gereedschapskist die in je broekzak past' brengt je op het idee om een Zwitsers legerzakmes te maken. En wat voor ideeën zou je kunnen krijgen als je een paraplu en een kam combineert? De creatieve denker is in staat om dit soort onverwachte of 'gekke' combinaties te maken om tot een praktische oplossing te komen.

Voorbeeld: De Nederlandse industrieel ontwerper Daan Roosegaarde heeft veel inspirerende uitvindingen op zijn naam. Zo verzoon hij het 'Van Gogh-Roosegaarde fietspad' bij Nuenen, waar straatverlichting en wegdek één geheel vormen. Een andere vondst van Roosegaarde: de energie die een dansende menigte in een discotheek in de schuddende vloer opwekt, zette hij om in elektriciteit die de dansvloer kan verlichten.

Creativiteit stimuleren in de klas

Er schuilt een creatieve dromer in ons allemaal. Bij de ene leerling komt het spontaan naar voren, de andere heeft een duwtje in de rug nodig om op gang te komen. Je kunt leerlingen vertrouwd maken met creatieve denkstrategieën door er regelmatig mee te oefenen. In het kader staan zes concrete activiteiten die daarvoor handvatten geven. In iedere activiteit worden een of meer van de hiervoor beschreven creatieve denkstrategieën gebruikt. Door deze activiteiten te oefenen raken de leerlingen vertrouwd met deze strategieën en kunnen ze deze ook op andere momenten inzetten, bijvoorbeeld bij het bedenken van een eigen onderzoek.

Een paar tips vooraf

Het stimuleren en bestendigen van creatieve denkvaardigheden bij je leerlingen gebeurt niet van de ene op de andere dag. Voordat je met activiteiten aan de slag gaat is het daarom goed om het volgende in het achterhoofd te houden:

- **Geef tijd en ruimte.** Voor veel leerlingen zijn de activiteiten misschien nieuw of anders. Ze moeten daaraan wennen. Het duurt dan ook vaak even voor ze 'los' komen. Neem zelf een stap terug en observeer wat de leerlingen doen, probeer niet te sturen. Als een leerling 'vast zit' kun je hem helpen door bijvoorbeeld te vragen wat hij gedaan heeft en waarom en bespreek vervolgens wat een volgende stap kan zijn. Een aanmoediging op zijn tijd kan ook geen kwaad: 'Kom, je weet vast nog wel iets anders te bedenken.' Daag een beetje uit.
- **Beoordeel het werk niet.** Geef geen uitbundige complimenten maar bespreek het werk neutraal. Vertel het kind wat je ziet als je naar het werk kijkt en vraag waarom hij het zo gedaan heeft. Geef aandacht aan het proces en niet aan de uitkomst, dat bewaar je voor de reflectie na afloop van de activiteit.
- **Pas op met voorbeelden.** Soms lijkt het zinvol om een voorbeeld te geven. Bedenk dan wel dat leerlingen vaak geneigd zijn voorbeelden na te doen en dat is nu juist niet creatief. Laat ze waar mogelijk eerst zelf proberen of benadruk dat zij het op hun eigen manier mogen doen.

Zes activiteiten die creatief denken stimuleren

Alle activiteiten kunnen individueel of in kleine groepjes tot 5 leerlingen worden uitgevoerd.

Groepjes maken: zo, of zo?

Leg een berg met rommeltjes op een groot vel papier – muntjes, schelpen, kralen en knopen – en geef de opdracht: *Sorteer dit. Wat gebeurt er denk je? Muntjes bij muntjes? Knopen bij knopen, van groot naar klein? Rood bij rood? Grote kans van ja.* En dat is maar goed ook: onze maatschappij is nu eenmaal zo geordend en dat zorgt ervoor dat alles min of meer op rolletjes loopt. Maar om tot een nieuw inzicht te komen en nog meer onbekende nieuwe verbanden te zien, moeten de leerlingen ervaren dat ze zelf nog verder kunnen zoeken en andere, misschien wel meer interessante of meer spannende patronen kunnen ontdekken.



Leraren zoeken categorieën tijdens de Winterschool (Foto: David van der Kooij)

Vraag daarom aan een leerling die kleur bij kleur heeft gelegd of hij dat ook op een andere manier zou kunnen sorteren dan op kleur. Of ga ernaast zitten en sorteer zelf op vorm en rangschik op grootte. Vraag de leerling hoe jij hebt gesorteerd en wat hij daarvan vindt. Daag de leerling uit om zelf nog andere meer verschillende mogelijkheden te bedenken om te sorteren.

Een geordend dierenrijk

Neem een stapel afbeeldingen van dieren en vraag die te groeperen. Al gauw liggen de katten en honden links, de koeien en paarden rechts. Of roofdieren, vissen, vogels en insecten liggen ieder op een eigen stapeltje. Maar wat zou er gebeuren als we dieren op kleur zouden sorteren of op grootte? Er ontstaan voor de leerlingen nieuwe categorieën en zo ervaren zij dat er meer mogelijkheden zijn dan die we al kennen. En dat er niet maar één goede oplossing is.

The shape of things to come

Leg een vel papier voor de leerlingen neer en drie of vier gebruiksvoorwerpen: een zonnebril, een lepel, een flesje, van dat soort dingen. Vraag de leerlingen de voorwerpen met een potlood om te trekken. Maar de figuren moeten elkaar deels overlappen; lepel half over zonnebril half over flesje. Laat ze daarna de buitenste omtrek – de ‘vereniging’ van de figuren – met stift duidelijk overtrekken en geef de opdracht, teken een voertuig (ruimteschip, machine, dier of wezen) met dit silhouet.

Toevallige verhalen

Leg een stapel willekeurige afbeeldingen voor de leerlingen neer. Situaties met planten, dieren, mensen, gebouwen. Micro’s en macro’s. Vraag ze deze te sorteren of te groeperen. Nu liggen de categorieën niet meer zo voor de hand en kunnen veel verschillende verbanden voorgesteld worden. Geef daarna de opdracht: Neem een van de groepjes die je hebt gemaakt en verzin bij de plaatjes een verhaal. Of draai de opdracht om: Trek twee willekeurige kaarten en verzin waarom ze bij elkaar horen op basis van een gedeelde eigenschap. Herhaal dit met drie kaarten. Dan met vier. Zo worden de leerlingen als het ware gedwongen om te zoeken naar eigenschappen die de categorie groter en ‘breder’ maken zodat die meer elementen kan bevatten.



Kinderen bedenken en vertellen verhalen bij willekeurige combinaties van afbeeldingen (Foto: Anouk Wissink)

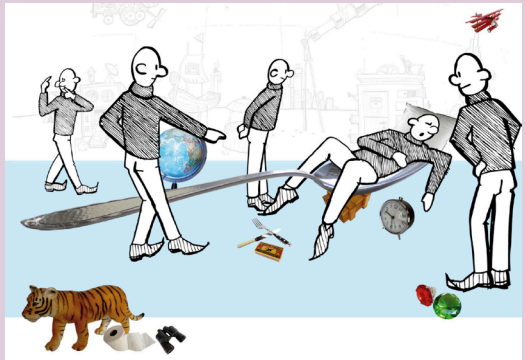
Tekenen met de beamer

Hang een groot vel papier aan de muur. Projecteer daarop een afbeelding van een situatie of landschap of iets dergelijks. Een groepje van drie of vier leerlingen gaat aan de slag. De opdracht: Teken een deel van de afbeelding over. Reik hiervoor verschillende materialen aan: kleurpotlood, krijt, stift, plakkaatverf en dergelijke. Na een paar minuten projecteer je een andere afbeelding. Het papier blijft hangen. Herhaal de opdracht. Doe dit een aantal keer. Laat de leerlingen vertellen over de tekening die zo is ontstaan.

Slaaplepel of gaaplamp

Maak een lijst met werkwoorden en een lijst met voorwerpen. Eventueel op losse kaartjes verdeeld over twee stapeltjes. Laat de leerlingen willekeurig of blind uit iedere rij een woord nemen en die combineren tot een samengesteld woord. Zo ontstaan bijvoorbeeld 'slaaplepel' of 'gaaplamp'.

Vraag: Hoe ziet dat eruit? Opdracht: Maak daar een tekening van en vertel erover (Van der Kooij en Wissink, 2015).



*Slaaplepel en gaaplamp – uit 'Het Ideeëntoestel'
(Illustratie: David van der Kooij)*

Reflecteer na afloop

Reflecteer na afloop samen met je leerlingen op het verloop van de activiteit en het resultaat. Op deze manier laat je zien dat zowel het proces als de resultaten even belangrijk zijn. Het doel van de reflectie is om de leerlingen aan te moedigen na te denken over welke keuzes ze hebben gemaakt en wat ze daarvan kunnen leren voor een volgende keer. Vragen die je hierbij kunt stellen zijn:

- Wat heb je bedacht (of gemaakt)? Hoe werkt het?
- Hoe ben je te werk gegaan bij deze opdracht?
- Wat vind je van wat je bedacht of gemaakt hebt? Leg uit.
- Welk resultaat van een ander vind je bijzonder of origineel? Waarom?
- Wat zou je, nu je de andere werkstukken hebt gezien, anders (willen) doen?
- Bij welke andere activiteiten (of vakken) zouden we dit ook kunnen gebruiken?
- Wat vond je van deze activiteit? Noem een positief en een negatief punt.
- Vond je het moeilijk, en waar lag dat dan aan?
- Tegen welke problemen ben je aangelopen? Hoe heb je het opgelost?

Creatieve houding

De ervaring leert dat leerlingen het erg leuk vinden om te werken met creatieve denkstrategieën. In de lessen kun je dit benutten en bewust aandacht besteden aan het ontwikkelen van een positieve houding ten opzichte van creatief denken, waar nieuwsgierigheid, patronen doorbreken en onverwachte gebeurtenissen belangrijke onderdelen van zijn. Deze creatieve houding wordt gekenmerkt door diverse aspecten.

Tussentijds uitstel van oordeel

Sommige ideeën lijken 'te gek voor woorden' of 'raar'. Ze worden dan niet serieus genomen en weggevuurd: 'Dat kan toch niet! Wat een raar idee!' Iets bedenken en oordelen zijn echter twee verschillende fasen in het creatieve proces. Het is belangrijk dat leerlingen (en leraren) samen oefenen om naar de ideeën te kijken zonder oordeel. 'Rare' ideeën zijn juist interessant om nog eens extra goed over na te denken. Beloon het als leerlingen risico's durven te nemen en met een idee durven komen dat wat verder weg ligt.

Voortbouwen op elkaars ideeën

Dit ligt in het verlengde van 'uitstel van oordeel'. Stimuleer leerlingen verder mee te denken over de ideeën van een andere leerling. En leg uit dat het niet erg is om verbetersuggesties te ontvangen, zolang die op een positieve manier het idee verder brengen. Zo kan er tussen leerlingen een dialoog ontstaan waarin een idee steeds verder en beter wordt uitgewerkt.

Doorzetten

Ideeën verzinnen verloopt in twee fasen. In de eerste fase komen de meest voor de hand liggende ideeën op tafel: de ideeën die we al hadden. Dat is het moment om door te zetten en echt nieuwe ideeën te bedenken. Vaak is het genoeg om wat meer tijd en ruimte te geven. Soms kost het wat meer moeite en hebben leerlingen een aanmoediging van de leraar nodig, of hulp bij een volgende stap.



Leerkrachten ervaren zelf hoe leuk het is om creatieve denkstrategieën toe te passen tijdens de Winterschool 2020 (Foto: Jimmy Israël)

Andere aspecten die een rol spelen bij het stimuleren van een creatieve denkhouding zijn het durven nemen van risico's, het om kunnen gaan met tegenstrijdigheden, en uitstel van beloning (Sternberg, 2003).

De rol van de leraar

Als leraar ben jij de belangrijkste sleutel bij het stimuleren van creativiteit in je leerlingen. Je onderkent en koestert de waarde van creativiteit voor de ontwikkeling van je leerlingen; je hebt een *creative mindset* en straalt dat uit. Jij bent het rolmodel waar de leerlingen zich aan spiegelen. Deze rol wordt zichtbaar in een aantal pedagogische en didactische vertrekpunten die het scheppen van een gunstige setting voor creatieve ontwikkeling mogelijk maken (Cremin, 2009).

Nieuwsgierige en vragende houding stimuleren

Stel nieuwsgierigheid en de lust om te leren centraal. Dat betekent dat leraar en leerling zich verwonderen, open vragen stellen en hardop speculeren. Als leraar geef je tijd en ruimte om op zoek te gaan naar antwoorden en mogelijkheden.

Verbindingen maken

Sluit in je onderwijs aan bij de belevingswereld van de leerlingen. Als leraar moedig je ze aan om hun eigen wereld groter te maken: laat ze voldoende exploreren. Zo kunnen ze nieuwe mogelijkheden en andere perspectieven ontdekken.

Zoeken naar originaliteit

Zorg dat je positief reageert op nieuwe, misschien wel gekke, ideeën. Als leraar wijs je vreemde of tegendraadse ideeën niet op voorhand af; je omarmt ze juist en geeft ze samen met je leerlingen een kans om tot bloei te komen. Toevallige, verrassende gebeurtenissen kunnen leerlingen voorzichtig uit hun comfortzone halen en zo leren avontuurlijk maken. Als leraar kun je dit 'toeval' ook ensceneren.

Autonomie en eigenaarschap faciliteren

Zorg voor verantwoordelijkheid en autonomie in de klas. Als leraar geef je je leerlingen ruimte om keuzes te maken en stimuleer je onderlinge samenwerking. Dit is geen totale vrijheid, de leerkracht instrueert, stuurt en faciliteert op passende wijze. Prof. Jelle Jolles spreekt van *steun, sturing en inspiratie* (Jolles, 2011).

Tot slot

Creativiteit is een groot en complex 'vakgebied' binnen de (neuro- en ontwikkelings-) psychologie waar veel onderzoek naar is en wordt gedaan. In dit hoofdstuk hebben we slechts een puntje van de ijsberg kunnen laten zien. Ben je door het lezen van dit hoofdstuk geïnspireerd en enthousiast geworden voor het onderwerp, en zoek je naar meer inspiratie en praktische toepassingen in de klas? Kijk dan naar de volgende titels: Het Ideeëntoestel (Kooij, van der & Wissink, 2015), Methode creatief denken (Djapo, 2016) en 5 Minuten creatief denken (Kooij, van der, 2015).

De activiteiten die in dit hoofdstuk staan beschreven, zijn ontworpen door Anouk Wissink, Femke van Os en David van der Kooij, onder meer geïnspireerd door de volgende uitgaven: Opruimen, dat is de kunst! (Wehrli, 2012), Vreemde vogels, bizarre beesten (Barman, 2014) en Kobe maakt een museum (Kanstad Johnsen, 2014).

Meer weten over de creatieve ontdekkingen van Archimedes, Snow, Linnaeus en Roosegaarde? Kijk op www.wetenschapdeklasin.nl bij Onderzoekend leren > Creatief denken.

Referenties

- Barman, A. (2014), *Vreemde vogels, bizarre beesten*. Amsterdam-Antwerpen: Em. Querido's Uitgeverij BV.
- Cremin, T. (2009). Creative Teachers and Creative Teaching. In Wilson, A., *Creativity in Primary Education*. Exeter: Learning Matters.
- Djapo (2016). *Methode creatief denken, een denk- en werkwijze voor het basisonderwijs*. Ellezelles: Les Illes.
- Jolles, J. (2011). *Ellis en het verbreinen, over hersenen, gedrag & educatie*. Amsterdam-Maastricht: Neuropsych Publishers.
- Kanstad Johnsen, A. (2014). *Kobe maakt een museum*. Rijswijk: De Vier Windstreken.
- Koestler, A. (1975). *The Act of Creation*. London: Pan Books Ltd.
- Kooij, D. van der (2015). *5 Minuten creatief denken*. Helmond: Onderwijs Maak Je Samen
- Kooij, D. van der & Wissink, A. E. (2015). *Het Ideeëntoestel - creatieve basisvaardigheden in de onderwijspraktijk*. Nieuwolda: Leuker.nu
- Sternberg, R.J. (2003). The Development of Creativity in a Decision-Making Process. In Sawyer, K.R. (red.) *Creativity and Development*. pp. 91-138. New York: Oxford University Press.
- Ward, T.B., Smith, S.M. & Finke, A.F. (2009). Creative Cognition. In Sternberg, R.J. (red.), *Handbook of Creativity*. New York: Cambridge University Press.
- Wehrli, U. (2012). *Opruimen, dat is de kunst!* Amsterdam: De Harmonie.

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Dit boek is een uitgave van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU). Het WKRU is in 2009 opgericht als eerste Wetenschapsknooppunt van Nederland. Het WKRU heeft als missie de nieuwsgierige en onderzoekende houding van kinderen en (aankomend) leraren te bevorderen. Om dit te bereiken organiseert het WKRU diverse activiteiten waarbij een verbinding wordt gelegd tussen onderzoekers van de Radboud Universiteit en het Radboudumc; het basisonderwijs; en studenten, docenten en onderzoekers van het Onderwijsinstituut Pedagogische Wetenschappen en Onderwijskunde (Radboud Universiteit) en de Faculteit Educatie (Hogeschool van Arnhem en Nijmegen).

Expertise

De expertise van het WKRU ligt in het begeleiden van eigen onderzoek door leerlingen. Het WKRU ontwikkelt voorbeeldprojecten, materialen en hulpmiddelen die leraren kunnen inzetten om wetenschap in de klas te brengen en die als basis dienen voor het eigen onderzoek door leerlingen. Deze materialen zijn beschikbaar via www.wetenschapdeklasin.nl. De kennis en ervaring van het WKRU blijft zich continu ontwikkelen. Dit gebeurt op basis van inzichten uit de literatuur, ervaringen in de klas, eigen onderzoek en uitwisseling met collega-onderzoekers in het vakgebied. Naast deze boekenreeks publiceert het WKRU ook regelmatig in vaktijdschriften en wetenschappelijke tijdschriften. Een overzicht van alle artikelen van het WKRU is te vinden op onze websites.

Activiteiten

Het WKRU biedt verschillende activiteiten aan voor leraren (in opleiding), scholen en onderzoekers. Elk jaar ontwikkelen drie Radboud Science Teams, bestaande uit onderzoekers, leraren en leraren in opleiding, onder leiding van het WKRU een project over een actueel wetenschappelijk thema. Het uitgangspunt van alle projecten is dat leerlingen zelf onderzoek kunnen doen naar het thema. De opbrengsten van deze teams worden geborgd in de boekenreeks Wetenschappelijke doorbraken de klas in! Daarnaast organiseert het WKRU jaarlijks de Winterschool, een professionaliseringsdag over wetenschap en onderzoekend leren. Gedurende het schooljaar wordt professionalisering voor schoolteams aangeboden in het begeleiden van onderzoekend leren. Radboud-onderzoekers kunnen bij het WKRU terecht voor advies op het gebied van wetenschapseducatie en hulp bij de voorbereiding van een interessante les voor een basisschoolklas. Alle activiteiten van het WKRU zijn te vinden op www.wkru.nl.

Financier

Het werk van het WKRU wordt mogelijk gemaakt door de Radboud Universiteit, met als aanvullende sponsor het Radboudumc.

www.wkru.nl

www.wetenschapdeklasin.nl



@WKRU1



[linkedin.com/company/wkru](https://www.linkedin.com/company/wkru)



@wkrunijmegen



@wkrunijmegen

Over de boekenreeks

De boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!* is een uitgave van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU). Met deze boeken wil het WKRU (aankomend) leraren en leerlingen uit de bovenbouw van het basisonderwijs kennis laten maken met toponderzoek van de Radboud Universiteit. Het gaat daarbij om wetenschap in de volle breedte, dus alfa-, bèta-, gamma- en medisch-onderzoek. De boeken zijn een bron van inspiratie voor leraren om wetenschap de klas in te brengen en leerlingen eigen onderzoek te laten doen.

Wetenschappelijke thema's de klas in

De Radboud Universiteit reikt elk jaar de Radboud Science Awards uit aan drie topwetenschappers die in het afgelopen jaar een belangrijke doorbraak hebben gehad in hun onderzoeksgebied. Samen met leraren (in opleiding) en het WKRU vormen de winnaars een Radboud Science Team. Met het team ontwikkelen ze een set activiteiten waardoor leerlingen kennis opdoen over de inhoud van het onderzoek en de manier van onderzoek doen. De bedoeling is dat leerlingen enthousiast en nieuwsgierig worden en dat er veel vragen bij hen opkomen. Uiteindelijk formuleren de leerlingen in groepjes één vraag die ze zelf gaan onderzoeken.

Na afloop van het project beschrijven de onderzoekers de inhoudelijke achtergrond van het thema. Deze wordt samen met de ervaringen en activiteiten in de klas gebundeld tot een hoofdstuk in de boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!*. Het boek wordt gepresenteerd op de Winterschool van het WKRU. Tijdens deze professionaliseringsdag op het gebied van wetenschap en onderzoekend leren geven de winnende onderzoekers een inhoudelijke lezing over het thema. Daarnaast geven de Radboud Science Teams een workshop aan collega-leraren, leraren in opleiding en pabo-docenten. Met de inzichten uit de Winterschool kunnen zij met de thema's en onderzoekend leren aan de slag in de klas.

Leidraad onderzoekend leren

Bij de boekenreeks hoort een leidraad onderzoekend leren (Van Baren-Nawrocka & Dekker, 2019). Leraren kunnen met behulp van deze leidraad een project onderzoekend leren vormgeven in de klas. In de leidraad staat een uitgebreide beschrijving van de zeven stappen van onderzoekend leren. Het biedt handvatten en suggesties voor de manier waarop de leraar de leerlingen kan begeleiden bij het onderzoeksproces. De leidraad wordt ontwikkeld door het WKRU en regelmatig herzien op basis van nieuwe inzichten uit de literatuur en ervaringen in de klas. De meest recente versie is altijd online beschikbaar op de website www.wetenschapdeklasin.nl.

Website met aanvullend materiaal

Aan de boekenreeks is een website gekoppeld, www.wetenschapdeklasin.nl, waar per thema alle activiteiten en benodigde materialen (zoals werkbladen en filmpjes) te vinden zijn. Daarnaast bevat de website veel informatie over onderzoek door leerlingen, zoals de leidraad onderzoekend leren, alle hulpmiddelen van het WKRU, voorbeelden uit de praktijk, artikelen en links naar verdiepende informatie. Met uitzondering van het laatste boek staan tevens alle thematische hoofdstukken in digitale vorm op deze website.

Thema's per boek

Boek 10	Levende cellen – Wat maakt een cel een cel, en hoe zorg je dat namaakcellen blijven leven? Gedachte-experimenten – Wat gedachte-experimenten ons kunnen leren Menselijke machines – Wat is het verschil tussen menselijke en kunstmatige intelligentie? + een didactisch hoofdstuk: 'Creatief denken stimuleren'
Boek 9	Sport – Wat is het effect van intensief sporten op de gezondheid van ons hart? Slimme computers – Hoe kunstmatige intelligentie dokters kan helpen bij het stellen van een diagnose Automatisch gedrag – Het nut van automatisch gedrag en hoe lastig het is om het te onderdrukken + een didactisch hoofdstuk: 'Dialogische gesprekken voeren: Hoe doe je dat?'
Boek 8	Kleding – Wat zegt kleding over onze identiteit en welke impact heeft kleding op mens en milieu? Magneten – Ontdek hoe magneten werken en welke invloed licht hierop heeft Protest – Staken is besmettelijk: hoe werkt die beïnvloeding door anderen? + een didactisch hoofdstuk: 'Vragen wat je echt wilt weten'
Boek 7	Malaria – Hoe worden muggen door mensen besmet met malaria? Jheronimus Bosch – Wat maakt deze schilder zo bijzonder? Geheugen – Hoe kun je het best dingen onthouden? + een didactisch hoofdstuk: 'Nieuwsgierig door observeren'
Boek 6	Molecuulbotsingen – Eigenschappen van botsende moleculen bij extreem lage temperaturen Stress – Ontdek verschillende manieren waarop je op stress kunt reageren Taal der zintuigen – De invloed van taal en cultuur op zintuiglijke waarnemingen + een didactisch hoofdstuk: 'Begeleiden vanuit een groeimindset'
Boek 5	Typisch Nederlands – Kenmerken en vorming van de Nederlandse identiteit Elkaar begrijpen – Hoe komt het dat we elkaar begrijpen? Het oog – De werking van het oog en wat er mis kan gaan + een didactisch hoofdstuk: 'Het begint met nieuwsgierigheid'
Boek 4	Het Higgsdeeltje – De ontdekking van het deeltje dat zorgt dat dingen gewicht hebben Netwerken in het brein – Hoe werkt ons brein en wat is de relatie met DNA? Het wonderkind David Gorlaeus – Wat voor invloed heeft leeftijd en ervaring op ons denken?
Boek 3	Waarnemen en bewegen – De relatie tussen waarnemingen en het coördineren van bewegingen Onder invloed – De invloed van de omgeving op risicovol gedrag Gevaarlijke ideeën – Het verband tussen ideeën en veranderende regels in de maatschappij
Boek 2	DNA – Erfelijkheid en kopieerfoutjes in je DNA die je leven kunnen bepalen Gedrag – Hoe zorgen je hersenen ervoor dat je verleidingen kunt weerstaan? Infecties onder de loep – De groei en eigenschappen van bacteriën en schimmels
Boek 1	Angst – Wat is angst en hoe kun je het beïnvloeden? Grafeen – Wat zijn de verschillende unieke eigenschappen van grafeen? Denkbeelden over het begin – Hoe tijd, plaats en cultuur onze denkbeelden bepalen

Engelse uitgave

Scientific breakthroughs in the classroom: Language of the senses, DNA, Understanding each other & Higgs boson (2017)

Foto- en illustratieverantwoording

Veel van de foto's en een aantal illustraties in dit boek vallen niet onder de Creative Commons Licentie, hetzij omdat ze onder het copyright van derden vallen, hetzij omdat er kinderen op staan, waardoor geen toestemming voor hergebruik kan worden gegeven. Hieronder volgt een lijst met de foto's en illustraties in dit boek, met bijbehorende licentievorm.

Foto's met kinderen zijn hieronder niet apart vermeld, deze vallen alle onder het copyright van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit © 2021 WKRU. Deze foto's mogen wel worden gebruikt in een integrale kopie van minimaal twee pagina's.

Hoofdstuk 1: Creatief denken stimuleren

• Leerkrachten sorteren rommeltjes tijdens de Winterschool, © 2021 WKRU	10
• Kinderen sorteren jassen, tassen en zichzelf, © 2012 Anouk Wissink	13
• Leraren zoeken categorieën tijdens de Winterschool, © 2020 David van der Kooij	14
• Kinderen bedenken en vertellen verhalen, © 2020 Anouk Wissink	15
• Slaapplep en gaaplamp, © 2015 David van der Kooij	16
• Leerkrachten passen creatieve denkstrategieën toe, © 2021 WKRU	17

Hoofdstuk 2: Levende cellen namaken

• Dr. Evan Spruijt, © 2019 WKRU	22
• Voorbeelden van cellen, aangepast van: Verschillende biologische cellen op een witte achtergrond, door brgfx, Freepik Licentie (bron: Freepik.com)	23
• Schematische weergave van celdeling, CC BY-NC-SA 4.0 Alain André	24
• Druppels olie in water, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU	26
• Coacervaten, CC BY-NC-SA 4.0 Alain André en Merlijn van Haren	26
• Delende synthetische cel, CC BY-NC-SA 4.0 Esra te Brinke	29
• Moleculen, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, samengesteld uit:	30
- Water, CC BY 2.0 Aqua Mechanical, (bron: flickr.com)	
- Koolstofdioxide, door Pixource, Pixabay Licence (bron: pixabay.com)	
- Suiker, door pasja1000, Pixabay Licence (bron: pixabay.com)	
- Moleculen, CC BY-NC-SA 4.0 Merlijn van Haren	
• Emulsies met en zonder emulgatoren, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, samengesteld uit:	31
- Reageerbuisjes, CC BY-NC-SA 4.0 Merlijn van Haren	
- Water en olie, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU	
- Mayonaise, CC BY-SA 3.0 Kliek (bron: commons.wikimedia.org)	
• Schaatsenrijder, door Jasmin990, Pixabay License (bron: pixabay.com)	31
• Coacervaten gemaakt met polymeren, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, onderdeel:	32
- Waterdruppel, door OpenClipart-Vectors, Pixabay License (bron: pixabay.com)	
• Eiwit FtsZ, CC BY-NC-SA 4.0 Esra te Brinke en Evan Spruijt	33

Hoofdstuk 3: Gedachte-experimenten

• Prof. dr. Carla Rita Palmerino, © 2019 WKRU	58
• Het geocentrische wereldbeeld, door Andreas Cellarius, publiek domein (bron: commons.wikimedia.org)	62

• Het heliocentrische wereldbeeld, door Andreas Cellarius, publiek domein (bron: commons.wikimedia.org)	63
• Portret van Galileo Galilei, geschilderd door Justus Sustermans, publiek domein (bron: commons.wikimedia.org)	66
• De schijngestalten van Venus, Galileo Galilei, publiek domein (bron: the-galileogalilei.tumblr.com)	67
• Galileo's Dialoog over de twee voornaamste wereldsystemen, door Giovanni Battista Landini, publiek domein (bron: commons.wikimedia.org)	68

Hoofdstuk 4: Menselijke machines

• Prof. dr. Marcel van Gerven, © 2019 WKRU	92
• Speelgoedrobot, door Gerhard Janson, Pixabay License (bron: pixabay.com)	93
• Communicatie tussen neuronen, door Sabar, publiek domein (bron: wikimedia.commons.org)	94
• Neuraal netwerk, aangepast van: CC BY 1.0 Dake en Mysid (bron: wikimedia.commons.org)	95
• Voorspellingen maken op de tennisbaan, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, onderdeel: - Tennisser, door Annalise Batista, Pixabay license (bron: pixabay.com)	95
• Metingen van Van Gerven en zijn team, CC BY 2.0 Nadine Dijkstra	96
• Een robot die voorspellingen maakt, door Pablo Lanillos, publiek domein	97
• Hersenactiviteit zoals gemeten door een MRI-scanner, CC BY-SA 4.0 Ellert Nijenhuis (bron: wikimedia.commons.org)	99
• De schaduwillusie van Alderson, CC BY 4.0 Edward H. Adelson (bron: wikimedia.commons.org)	100
• Illustratie van singulariteit, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU	101
• Kunstmatige neuron, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU, aangepast van: - Neuron, door Denise van Baalen, publiek domein	112
• Webapplicatie GauGAN, schermafbeelding van http://nvidia-research-mingyuliu.com/gaugan/ , programma gemaakt door NVIDIA, onder MIT license	117
• De beslissing van een zelfrijdende auto, © 2019 Adam Simpson	118

De uitgever heeft uiterste zorgvuldigheid betracht in het achterhalen van de auteursrechten van het illustratiemateriaal in deze uitgave. Mocht u van mening zijn (auteurs)rechten te kunnen doen gelden op illustratiemateriaal in deze uitgave, dan verzoeken wij u om contact op te nemen met de uitgever.

Financiers

Het WKRU wordt mogelijk gemaakt door:

Radboud Universiteit



Aanvullende sponsor:

Radboudumc