

# **Wetenschappelijke doorbraken de klas in!**

**Typisch Nederlands, Elkaar begrijpen en Het oog**

*Jan van Baren-Nawrocka, Sanne Dekker & Marieke Peeters (red.)*

## Colofon

Hoofdredactie: drs. Jan van Baren-Nawrocka, dr. Sanne Dekker & dr. Marieke Peeters

Copy-editing: Ingrid van Hoorn

Opmaak: Ferdie Westen

Druk en afwerking: Drukkerij Efficiënt Nijmegen

## Eerste druk, januari 2016

ISBN: 978-90-818461-4-1

NUR-code: 190

Wilt u een exemplaar bestellen?

Ga naar: [www.wkru.nl/boek](http://www.wkru.nl/boek)

## Uitgave:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Heyendaalseweg 135 – postvak 77

Postbus 9010

6500 GL Nijmegen

Nederland

E-mail: [infowkru@ru.nl](mailto:infowkru@ru.nl)

Telefoon: 024 366 72 22

Internet: [www.wkru.nl](http://www.wkru.nl); [www.wetenschapdeklasin.nl](http://www.wetenschapdeklasin.nl)



2016 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

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

Ga naar <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.nl> om een kopie van de licentie te kunnen lezen.

**Voor afbeeldingen gelden andere licentievoorwaarden; zie foto- en illustratieverantwoording achterin dit boek (p. 166).**



Dynam

Spreekuur  
Sterrenkijkers  
Tafel 2

# Hoofdstuk 1. Het begint met nieuwsgierigheid

*Marieke Peeters (expert onderzoekend leren bij het WKRU en programmaleider onderwijs en onderzoek HAN Pabo)*

*Sanne Dekker (projectmanager WKRU)*

Het stimuleren van de nieuwsgierigheid van kinderen krijgt steeds meer belangstelling in het onderwijs. Vanuit het Platform Onderwijs2032 wordt aan scholen een impuls gegeven om meer aandacht te besteden aan dit onderwerp. En dat is maar goed ook: nieuwsgierigheid zorgt voor plezier en intrinsieke motivatie en vergemakkelijkt ook nog eens het opslaan van informatie. Leerlingen onthouden informatie beter wanneer ze nieuwsgierig naar die informatie zijn, doordat er veranderingen optreden in hersenactiviteit tijdens nieuwsgierigheid. Dit zou toch voldoende reden moeten zijn om in het onderwijs ruim aandacht te besteden aan het stimuleren van de nieuwsgierigheid van leerlingen. Maar in hoeverre wordt dit ook daadwerkelijk gedaan? En wat is de rol van nieuwsgierigheid bij onderzoekend leren? In dit hoofdstuk wordt het belang van nieuwsgierigheid verder toegelicht en wordt een verband gelegd met de onderzoekende houding van kinderen.

### 1.1 Nieuwsgierigheid en leren

#### Wat is nieuwsgierigheid precies?

Nieuwsgierigheid wordt omschreven als 'een honger naar exploratie' (Von Stumm, Hell & Chamorro-Premuzic, 2011) en een 'intrinsic motivatie om te leren' (Gruber, Gelmand & Ranganath, 2014). Kashdan en Silvia (2009) definiëren nieuwsgierigheid als 'de herkenning, het najagen en de intense wens om nieuwe, uitdagende en onzekere gebeurtenissen te verkennen'. De gemene deler in de vele definities van nieuwsgierigheid (Grossnickle, 2014) is te vinden in 'de wil om het onzekere op te lossen en het onbekende te willen begrijpen' (Kagan, 1972). Nieuwsgierigheid kan worden gezien als een psychologische toestand die opgewekt kan worden door stimulerende en interessante taken of prikkels (Peeters, 2015a). Wanneer we nieuwsgierig zijn, zijn we op dat moment volledig bewust en ontvankelijk voor alles wat kan gebeuren. Naast die bewustwording motiveert nieuwsgierigheid ons ook om over te gaan tot handelen. Bijvoorbeeld om ergens helemaal in te duiken, op een andere manier over het onderwerp te denken of om op onderzoek uit te gaan.



*Leerlingen van de Roncallischool zijn gefascineerd door één van de oude boeken die Lotte Jensen heeft meegenomen en lezen elkaar zinnen voor.*

#### Nieuwsgierigheid vergroot leerprestaties

Verschillen tussen leerlingen in leerprestaties werden in het verleden vooral toegeschreven aan verschillen in intelligentie. Inmiddels is uit meerdere onderzoeken gebleken dat ook de mate waarin leerlingen in staat zijn om doelgericht te werken (Best, Miller, & Naglieri, 2011; Blair & Diamond, 2008; Latzman, Elkovitch, Young, & Clark, 2010), zelfdiscipline (Duckworth & Seligman, 2005) en betrokkenheid bij de taak ofwel de inspanning die ze leveren (Von Stumm, e.a., 2011) een aanzienlijke rol spelen bij het verklaren van schoolprestaties. Naast intelligentie en inspanning is er echter nog een derde

pijler die de verschillen in leerprestaties tussen de leerlingen kan verklaren: *intellectuele nieuwsgierigheid* ofwel een 'hongerig brein', zoals de onderzoekers het noemen. Nieuwsgierigheid kan gezien worden als basis voor intrinsieke motivatie om te leren, ontdekken en onderzoeken van de omgeving (Silvia, 2008). Nieuwsgierigheid zet je aan om op onderzoek uit te gaan en je nieuwe kennis eigen te maken. Het goede gevoel dat je krijgt als je iets leert vanuit je eigen nieuwsgierigheid zorgt er vaak voor dat je weer nieuwe vragen gaat stellen (Silvia, 2008). Daarmee wordt nieuwsgierigheid iets wat zichzelf in stand houdt (Spektor-Levy, Baruch, & Mevarech, 2011).

### Nieuwsgierigheid in het brein ontdekt

Dat nieuwsgierigheid invloed heeft op het leren is ook recentelijk aangetoond in hersenonderzoek (Gruber, et al., 2014). Uit het onderzoek bleek dat nieuwsgierigheid iemands vaardigheid om te leren en nieuwe informatie vast te houden vergroot. De hersenonderzoekers ontdekten dat nieuwsgierigheid zorgt voor een toestand waarin nieuwe informatie makkelijker opgeslagen wordt, zelfs als die informatie los staat van het onderwerp waarnaar iemand nieuwsgierig is (Gruber, et al., 2014). Hoe dat ontdekt is? In het onderzoek kregen proefpersonen een reeks triviale vragen voorgelegd, zoals 'Wat betekent het woord dinosaurus?'. Voor elke vraag gaven ze aan hoe nieuwsgierig ze waren naar het antwoord. Vervolgens werden de deelnemers in een fMRI scanner gelegd, waarbij hun hersenactiviteit gemeten werd, en werden de antwoorden op de vragen getoond. Na afloop van de scansessie werd de kennis van de deelnemers getest: ze gaven zoveel mogelijk antwoorden op de lijst met vragen. De onderzoekers ontdekten dat de deelnemers vaker een juist antwoord gaven op vragen waar ze nieuwsgierig naar waren. Ze hadden de antwoorden op vragen die hun nieuwsgierigheid opwekten dus beter onthouden dan de antwoorden waar ze niet nieuwsgierig naar waren. De belonings- en geheugengebieden in het brein bleken extra actief op het moment dat de deelnemers nieuwsgierig waren.



*Bij nieuwsgierigheid treden er veranderingen op in het brein.*

Het onderzoek leverde echter nog meer interessante informatie op. De onderzoekers hadden namelijk een truc uitgehaald: toen de deelnemers in de scanner lagen, werden tussen de presentatie van de vragen en antwoorden door afbeeldingen getoond van willekeurige gezichten. Elke keer moesten de deelnemers aangeven of ze dachten dat deze persoon hen zou kunnen helpen bij het beantwoorden van de vraag. Wat opmerkelijk was, was dat de deelnemers de gezichten beter hadden onthouden als ze die te zien hadden gekregen toen ze in een staat van nieuwsgierigheid verkeerden. Wanneer een staat van nieuwsgierigheid wordt opgewekt, treden er veranderingen op in de activiteit in diverse hersencircuits en in de connectiviteit tussen gebieden die betrokken zijn bij geheugen en beloningen, wat de geheugenopslag ten goede komt. Deze resultaten suggereren dat nieuwsgierigheid helpt bij het leren van bijkomende of willekeurige informatie. Wanneer de nieuwsgierigheid geprikkeld wordt, vinden er veranderingen plaats in het brein waardoor we beter in staat zijn om te leren. Kortom, een verhoogde staat van nieuwsgierigheid zorgt voor een vergroot leervermogen. Nieuwsgierigheid bereidt het brein als het ware voor op het leren en geeft bovendien een gevoel van beloning.

### 1.2 Hoe worden kinderen nieuwsgierig?

Nu we weten dat leerlingen informatie beter onthouden wanneer ze nieuwsgierig zijn en dat nieuwsgierigheid een gevoel van beloning kan geven, rijst automatisch de vraag wat we moeten doen om leerlingen in een nieuwsgierige toestand te krijgen. Als kinderen iets tegenkomen wat ze nog niet kennen, dan zie je de nieuwsgierigheid vanzelf ontstaan. Maar hoe wék je nieuwsgierigheid op als je aan de slag gaat met een onderwerp dat de leerlingen al kennen? De informatieklooftheorie (*information gap theory*, Loewenstein, 1994) geeft daar een antwoord op. In deze theorie speelt de kennis die iemand heeft van een bepaald onderwerp een centrale rol.

#### **Informatieklooftheorie**

De informatieklooftheorie ziet nieuwsgierigheid als iets wat opkomt wanneer de aandacht gericht wordt op een kloof (of gat) in iemands eigen kennis. Zulke informatiekloven geven een gevoel van gebrek en ongemak, waardoor je gemotiveerd bent om het ontbrekende stukje informatie te krijgen en dat gevoel van gebrek te verminderen of zelfs te laten verdwijnen. Denk maar aan het gevoel dat je krijgt bij het uitlezen van een spannend boek of het gevoel dat een cliffhanger in een tv-serie kan oproepen.

De theorie zegt dat je je eerst bewust moet zijn van een kloof in je kennis voordat je nieuwsgierigheid kunt ervaren. Je moet dus weten dat je iets nog niet weet om er nieuwsgierig naar te worden. Voor een leraar betekent dat dat je nieuwsgierigheid bij de leerlingen kunt opwekken door hen te laten ervaren dat ze bepaalde informatie missen. Prikkel ze met vragen en geef ze nieuwe informatie die ze zelf aan elkaar moeten zien te linken.

Een voorbeeld: stel je eens de situatie voor dat een leerling basiskennis heeft over een onderwerp, maar dat specifieke details in zijn kennis ontbreken. Hij weet bijvoorbeeld iets over magnetisme: dat er twee soorten magnetische polen zijn en welke materialen wel en niet aangetrokken worden door een magneet. Hij weet dat je een stukje ijzer zelf magnetisch kunt maken, maar hij weet niet hoe. Volgens deze theorie wordt deze leerling op zo'n moment nieuwsgierig en is hij gemotiveerd het ontbrekende stukje informatie te zoeken waarmee hij de kloof in zijn kennis kan dichten. Hij wil weten, of zelf uitzoeken, hoe hij ijzer magnetisch kan maken. Dit kan hij gaan doen door erover te

lezen, door te experimenteren met een magneet en een stukje ijzer of door het bijvoorbeeld aan zijn leraar te vragen.

### Hoe groot moet een informatiekloof zijn?

De grootte van een informatiekloof wordt bepaald door twee dingen: wat iemand al weet en wat iemand wil weten. Dit betekent dat de nieuwsgierigheid niet wordt angesproken wanneer er geen informatiekloven zijn of wanneer iemand het gevoel heeft alle kennis over een bepaald onderwerp al te hebben. Ook zul je geen nieuwsgierigheid ervaren als je nog niets weet over een onderwerp. Deze theorie zegt verder dat nieuwsgierigheid sterker wordt naarmate je het gevoel hebt dat je de ontbrekende kennis aan het verkrijgen bent en het gat bijna dicht is; denk maar weer aan de cliffhanger van een tv-serie. In onderstaande figuur drie verschillende groottes van informatiekloven afgezet tegen de intensiteit van nieuwsgierigheid.



*Informatiekloven en de intensiteit van nieuwsgierigheid.*

Aan de ene kant moet de informatiekloof niet te klein zijn en een leerling voldoende uitdaging bieden. Waarom zou een leerling nog willen onderzoeken of een paperclip aan een magneet blijft hangen als hij weet dat een magneet ijzer aantrekt en een paperclip uit ijzer bestaat?

Aan de andere kant moet de leerling wel het gevoel hebben dat hij in staat is het ontbrekende stukje informatie te vinden en mag de kloof dus ook weer niet te groot zijn. Waarom zou een leerling de scheikundige formule van een magneet willen begrijpen als hij nog bijna niets van scheikunde weet? Een leerling ervaart de hoogste intensiteit van nieuwsgierigheid bij een medium informatiekloof. In zo'n situatie is zijn interesse gewekt; hij wil zich ergens in gaan verdiepen of iets gaan onderzoeken, omdat het voldoende uitdagend is, maar wel behapbaar.



### 1.3 Neemt nieuwsgierigheid af en welke rol spelen volwassenen hierin?

#### Hoe ouder, hoe minder nieuwsgierig?

Ons brein is continu op zoek naar nieuwe prikkels die relevant voor ons kunnen zijn. Daarom zijn alle kinderen van nature nieuwsgierig. Toch zien we dat kinderen naarmate ze ouder worden steeds minder nieuwsgierig worden. Dat wil zeggen, ze stellen minder vragen op school en hebben geleerd dat er vaak één goed of één fout antwoord is. Bij kinderen vanaf een jaar of zeven zien we vaak niet meer die intense nieuwsgierigheid die er bij kinderen van achttien maanden tot ongeveer vijf jaar vanaf spat (Coie, 1974). Als we nieuwsgierigheid, zoals de informatieklooftheorie zegt, zien als een noodzaak om het onbekende te begrijpen, dan zal een zevenjarige in vergelijking met een driejarige minder onverwachte gebeurtenissen en onbekende voorwerpen tegenkomen in het dagelijkse leven. De verminderde nieuwsgierigheid van een zevenjarige kan voor een deel gezien worden als een gevolg van de kennis van de wereld die hij al heeft en waardoor veel dingen niet meer nieuw voor hem zijn. Een andere verklaring is de invloed van volwassenen, zowel leraren als ouders.

#### Leraren zijn een rolmodel

Onderzoek laat zien dat jonge kinderen meer interesse in bepaalde materialen tonen wanneer een volwassene zichtbaar maakt hoe nieuwsgierig hij- of zijzelf naar die materialen is (Engel, 2013). De volwassene is dus een rolmodel voor kinderen bij het tonen van nieuwsgierigheid. Dit zien we op latere leeftijd ook terug in de schoolcontext, waar leraren een belangrijke rol spelen bij het bevorderen van de nieuwsgierigheid. Er is een positieve relatie aangetoond tussen de mate waarin een leraar glimlacht en op een uitnodigende manier met leerlingen praat en de mate waarin kinderen nieuwsgierig gedrag laten zien (Engel, 2011). Leraren kunnen een stimulerende rol spelen door het modelen (voordoen) van nieuwsgierigheid, het aanmoedigen van nieuwsgierig gedrag, het bedenken van activiteiten die nieuwsgierigheid aanwakkeren en het aanbieden van nieuwe materialen (Engel & Randall, 2009; Mol, Boerma, Dekker & Jolles, 2015; Spektor-Levy, et al. 2011; Van der Kooij, Wissink, Dekker, Mol & Jolles, 2015). Als leraar ben je voor kinderen een belangrijke bron van informatie; ze kunnen hun vragen aan je stellen en daarmee hun nieuwsgierigheid bevredigen. De leraar speelt een belangrijke rol bij het aanwakkeren van iets in het kind waardoor het in actie komt en wil ontdekken. Hij kan de kinderen helpen hun vragen uit te breiden en te verfijnen. Ook kan hij de kinderen uitnodigen en aanmoedigen om op zoek te gaan naar de antwoorden en meer systematisch bezig te zijn met verkennen en onderzoeken. De nieuwsgierigheid van kinderen kan door de volwassenen waarmee ze tijd doorbrengen bevorderd worden, maar ook uitgedoofd raken.

#### Hoe denken leraren over nieuwsgierigheid?

Nu we weten dat leraren een belangrijke rol spelen bij het cultiveren van nieuwsgierigheid rijst de vraag hoe belangrijk leraren dit vinden en in welke mate ze hier bewust aandacht aan besteden. In een Amerikaanse studie werd aan leraren gevraagd of ze van een lijst met vijftieng kwaliteiten de vijf kwaliteiten wilden omcirkelen die ze het meest koesteren of aanmoedigen bij hun leerlingen. Ruim vijfenzeventig procent van de leraren omcirkelden daarbij 'nieuwsgierigheid'. Echter, toen de onderzoekers in een open vraag vroegen welke vijf kwaliteiten van hun leerlingen ze het meest zouden willen aanmoedigen, waren er maar enkelen die 'nieuwsgierigheid' noemden. We kunnen daaruit concluderen dat leraren het aanmoedigen van nieuwsgierigheid passief wel onderschrijven, maar ze zien het niet allemaal als iets wat ze actief moeten aanmoedigen, voeden of begeleiden (Engel, 2011).



Een onderzoeker stelt vragen en moedigt de nieuwsgierige houding van leerlingen aan.

## 1.4 Van nieuwsgierigheid naar een onderzoekende houding

Het stimuleren van nieuwsgierigheid krijgt nu op scholen voornamelijk aandacht binnen de context van het onderzoekend leren (Peeters, 2015b). Bij onderzoekend leren is de primaire taak van leraren niet om kennis over te dragen, maar om leerlingen nieuwsgierig te maken en bij hen een onderzoekende houding te ontwikkelen (Peeters & Van Baren-Nawrocka, 2014; Peeters & Meijer, 2014). Veel leraren voelen zich onzeker in deze nieuwe rol (Peeters, Van Baren-Nawrocka, & Verhoeff, 2015) en moeten erin groeien. Werken met nieuwsgierigheid vraagt een andere houding van de leraar, die bovendien ondersteund moet worden door de schoolleiders en -bestuurders (De Vries, 2007). Hoofdstuk 2 biedt een leidraad om met onderzoekend leren aan de slag te gaan. Daarbij wordt ook aandacht besteed aan de rol van de leraar en wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende niveaus van onderzoekend leren.

*Wil je meer lezen over hoe je de nieuwsgierigheid van je leerlingen kunt bevorderen? Het WKRU heeft hierover recent een aantal artikelen gepubliceerd in het vakblad Jeugd, School en Wereld. Daarin worden suggesties gedaan voor de manier waarop je de informatieklooftheorie in de klas kunt toepassen en krijg je tips voor het aanmoedigen van de nieuwsgierigheid en het stimuleren van vragen stellen (Dinghs & Peeters, 2015; Peeters, 2015a, 2015b). De link naar deze artikelen is te vinden op onze website. [🔗](#)*

### Bronnen

- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences, 21*(4), 327-336.
- Blair, C., & Diamond, A. (2008). Biological processes in prevention and intervention: The promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. *Development and Psychopathology, 20*(3), 899-911.
- Coie, J. (1974). An evaluation of the cross-situational stability of children's curiosity. *Journal of Personality, 42*, 93-116.
- De Vries, B. (2007). Vrijheid, blijheid? Over vraaggestuurde scholen en flexibele scholen. Intreerede, Faculteit Educatie, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, 20 september 2007.
- Dinghs, J., & Peeters, M. (2015). Praktijkrubriek: Vragen formuleren. *Jeugd in School en Wereld, 8*, 25-28.
- Duckworth, A. L., & Seligman, M. E. P. (2005). Self-discipline outdoes IQ in predicting academic performance of adolescents. *Psychological Science, 16*(12), 939-944.
- Engel, S. (2011). Children's need to know: Curiosity in school. *Harvard Educational Review, 81*(4), 625-645.
- Engel, S. (2013). The case for curiosity. *Educational Leadership 70*(5), 36-40.
- Engel, S., & Randall, K. (2009). How Teachers Respond to Children's Inquiry. *American Educational Research Journal, 46*(1), 183-202.
- Grossnickle, E. (2014). Disentangling Curiosity: Dimensionality, Definitions, and Distinctions from Interest in Educational Contexts. *Educational Psychology Review, 1*-38.
- Gruber, M.J., Gelmand, B.D., & Ranganath, C. (2014). States of curiosity modulate hippocampus-dependent learning via the dopaminergic circuit. *Neuron 84*(2), 486-96.
- Kagan, J. (1972). Motives and development. *Journal of Personality and Social Psychology, 22*, 51-66.
- Kashdan, T.B., & Silvia, P. (2009). Curiosity and interest: The benefits of thriving on novelty and challenge. In S.J. Lopez (Ed.), *Handbook of Positive Psychology* (2nd Ed.) (pp. 367-375). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Latzman, R. D., Elkovitch, N., Young, J., & Clark, L. A. (2010). The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 32*(5), 455-462.
- Loewenstein, G. (1994). The Psychology of curiosity: A review and reinterpretation. *Psychological Bulletin, 116*(1), 75-98.
- Mol, S., Boerma, I., Dekker, S. & Jolles, J., (2015). Onderzoeksrapport Verhalen vertellen, verwonderen en verbeelden met De Schoolschrijver. Centrum Brein & Leren, Vrije Universiteit Amsterdam, mei 2015.
- Peeters, M. (2015a). Hoe worden leerlingen nieuwsgierig? *Jeugd in School en Wereld, 8*, 32-35.
- Peeters, M. (2015b). Moedig een nieuwsgierige houding aan. *Jeugd in School en Wereld, 9*, 12-15.
- Peeters, M., & Meijer, W. (2014). Onderzoekend leren: Hoe stel je een onderzoeksvraag op? *Jeugd in School en Wereld, 5*, 6-9.
- Peeters, M., & Van Baren-Nawrocka, J. (2014). Onderzoekend leren: Hoe begeleid je leerlingen bij hun eigen onderzoek? *Jeugd in School en Wereld, 10*, 18-21.
- Peeters, M., Van Baren-Nawrocka, J., & Verhoeff, R. (red.) (2015). Wetenschappelijke doorbraken de klas in! Higgsdeeltje, Netwerken in het brein en Wonderkind. Nijmegen: Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen.
- Silvia, P. (2008). Interest—The curious emotion. *Current Directions in Psychological Science, 17*, 57-60.
- Van der Kooij, D., Wissink, A, Dekker, S., Mol, S.E., & Jolles, J. (2015). Nieuwsgierigheid stimuleren; creatief en vindingrijk denken met je klas. *Jeugd in School en Wereld, 5*, 18-21.
- Von Stumm, S., Hell, B., & Chamorro-Premuzic, T. (2011). The hungry mind: Intellectual curiosity is the third pillar of academic performance. *Perspectives on Psychological Science, 6*, 574-588.



## Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU)

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 het bevorderen van de nieuwsgierige en onderzoekende houding van kinderen en (aankomend) leraren. Om dit te bereiken organiseert het WKRU diverse activiteiten waarbij een verbinding wordt gelegd tussen (basis)scholen, pabo's en onderzoekers van de Radboud Universiteit en het Radboudumc.

Het WKRU legt deze verbinding tussen universiteit en het primair en voortgezet onderwijs door een samenwerking tot stand te brengen tussen onderzoekers en leraren. Daarbij wordt wetenschap letterlijk de klas in gebracht. De expertise van het WKRU ligt op het gebied van onderzoekend leren, een didactiek waarin een onderzoekende houding wordt gestimuleerd. In de afgelopen jaren heeft het WKRU daarom diverse materialen en hulpmiddelen ontwikkeld die leraren kunnen inzetten in hun klas. Op deze manier worden de verschillende werkvelden samengebracht en komen leraren en leerlingen in aanraking met wetenschap.

### Activiteiten

Het WKRU biedt verschillende activiteiten aan voor leraren, scholen en onderzoekers. Zo gaan er elk jaar drie projectteams van leraren, studenten en onderzoekers aan de slag met het vertalen van wetenschappelijk onderzoek naar projecten onderzoekend leren in de klas. Daarnaast organiseert het WKRU jaarlijks de Winterschool, een professionaliseringsdag over wetenschap, wetenschapseducatie en onderzoekend leren. Gedurende het schooljaar worden er cursussen en studiemiddagen aangeboden over onderzoekend leren. Bij het project 'Onderzoeker in de klas' brengen wetenschappers een bezoek aan een klas op de basisschool. Voor VO-docenten is een netwerk opgericht, waarbinnen tweemaal per jaar een studiedag wordt georganiseerd. Meer activiteiten van het WKRU zijn te vinden op de website van het WKRU.

### Onderzoek

Het WKRU houdt zijn expertise over onderzoekend leren continu up-to-date, zodat het leraren optimaal kan professionaliseren in het vormgeven van deze didactiek. Dit gebeurt onder andere door onderzoek te doen naar good practices. Hierover wordt gepubliceerd in vaktijdschriften voor het basis- en voortgezet onderwijs en in wetenschappelijke tijdschriften. Een overzicht van alle WKRU-artikelen is te vinden op de website.

[www.wkru.nl](http://www.wkru.nl)

[www.wetenschapdeklasin.nl](http://www.wetenschapdeklasin.nl)

 @wkru1

 <http://lnked.in/WKRU1>

## Dankwoord

Veel mensen hebben geholpen bij de totstandkoming van dit boek. Graag willen we als eerste de deelnemende basisscholen en hun leerlingen bedanken voor hun bijdrage en inzet. Het gaat om de Dr. Albert Schweitzerschool uit Renkum, de Mariaschool uit Boven-Leeuwen, Basisschool de Peppels uit Boxmeer, Basisschool Roncalli uit Velp, Basisschool de Gazelle uit Arnhem en Basisschool de Tuimelaar uit Westervoort.

Daarnaast bedanken we de wetenschappers (hoogleraren, post-docs, promovendi en masterstudenten) voor hun bijdrage aan de projecten in de klas en aan de hoofdstukken in dit boek. De betrokken onderzoekers zijn verbonden aan verschillende afdelingen en vakgroepen: de afdeling Nederlandse taal en cultuur van de Radboud Universiteit, het Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour en de afdeling Oogheelkunde van het Radboudumc.

Tevens bedanken we de pabo-studenten van de HAN voor hun bijdrage aan de projectteams.

Dr. Roald Verhoeff bedanken we voor zijn uitgebreide feedback op de inhoudelijke paragrafen van de themahoofdstukken.

Anne Fleuren en Anne Winkler (stagiaires WKRU) bedanken we voor hun hulp bij het samenstellen van de themahoofdstukken in dit boek.

Dank ook aan onze collega's van het WKRU. Esther Koeslag voor de planning en logistiek en Lana Goossens voor het last-minute nakijken van teksten.

Bedankt Elke Jacobs voor de oorspronkelijke vormgeving van het boek.

Dit project is mogelijk gemaakt door de bijdragen van de sponsors van het WKRU:

- Platform Bèta Techniek;
- Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW);
- Radboud Universiteit;
- Radboudumc;
- Hogeschool Arnhem en Nijmegen (HAN);
- Radboudumc Institute for Molecular Life Sciences;
- Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour;
- Institute for Molecules and Materials (IMM) van de Radboud Universiteit;
- Behavioural Science Institute (BSI) van de Radboud Universiteit;
- Faculteit der Letteren van de Radboud Universiteit;
- Institute for Science, Innovation and Society (ISIS) van de Radboud Universiteit.

## Foto- en illustratieverantwoording

Tenzij hieronder anders vermeld, zijn de foto's in deze uitgave gemaakt door het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit © 2016 WKRU. Deze foto's vallen niet onder de Creative Commons Licentie, omdat op veel van de foto's leerlingen of door hen gemaakte materialen staan afgebeeld, waardoor geen toestemming voor hergebruik kan worden gegeven.

### Inleiding

- De stappen van onderzoekend leren, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 10
- Symbolen van de zeven stappen van onderzoekend leren, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 12

### Hoofdstuk 1

- Bij nieuwsgierigheid treden er veranderingen op in het brein, Publiek domein. p. 19
- Afbeelding informatiekloven CC BY SA 4.0 WKRU, samengesteld uit: p. 21
  - Cartoon Mark de Koning, CC BY-NC-SA 2.0.
  - De kloof tussen burger en bestuur door Marcel Hoogwout.

### Hoofdstuk 2

- De stappen van onderzoekend leren, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 31
- Vragenmuur, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 36
- Mindmap, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 38

### Hoofdstuk 3

- Portret van Michiel de Ruyter, door Ferdinand Bol, 1667, Mauritshuis, Publiek domein. p. 52
- De Hollandse Leeuw (Leo Hollandicus), door Nicolao Iohannis Visscher, 1622. Foto M. Franssen, Publiek domein. p. 54
- Portret van Willem IV, door Jacob Houbraken, Jacques-André-Joseph Aved en Isaak Tirion, 1753, Rijksmuseum, Publiek domein. p. 56
- Portret van Michiel de Ruyter, door Ferdinand Bol, 1667, Mauritshuis, Publiek domein. p. 57
- Napoleon steekt de Grote St. Bernardpas over, door Jacques-Louis David, 1801. p. 59
- The Yorck Project: 10.000 Meisterwerke der Malerei, Publiek domein. p. 59
- Titelblad van het boek De Hollandsche natie van Jan Frederik Helmers, 1814, Publiek domein. p. 60
- Heruitgave van Helmers' De Hollandsche natie, 2009 © Uitgeverij Vantilt. p. 60
- Oranjesupporters tijdens een wedstrijd van het Nederlands elftal, CC BY SA 3.0 Dmitriy Neymyrok. p. 61
- De Nederlandse vlag, CC BY-SA 4.0 Wouter Engler. p. 62
- Lotte Jensen, foto Jörgen Caris. p. 62
- Verzet tegen Napoleon, © 2013 Uitgeverij Vantilt. p. 63
- Portret van Willem van Oranje, door Adriaen Thomasz Key, c. 1579, Mauritshuis, Publiek domein. p. 64
- Portret van Jan Frederik Helmers, bron RKD – Nederlands Instituut voor Kunstgeschiedenis, Den Haag. p. 65
- Raam bij basisschool de Peppels tijdens het project, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 68
- Factsheet Epke Zonderland, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 75
- Onderzoeksplan, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 85

#### Hoofdstuk 4

- De robot Asimo, CC BY-SA 3.0 Vanillase. p. 91
- Communicatie in het lab, © 2013 by National Academy of Sciences. p. 92
- Hersenactiviteit tijdens een communicatief signaal, © 2013 National Academy of Sciences. p. 95
- Weergave van de hersenschade aan de prefrontaal kwab, © 2015 Elsevier. p. 96
- Ivan Toni, archief Ivan Toni. p. 97
- Bedenken van een communicatieve boodschap, ©2014 Arjen Stolk. p. 98
- Anatomie van de hersenen, CC BY 2.0 Allan Ajifo. p. 99
- Sociale ervaring, © 2013 Stolk et al. p. 101
- Twee fribbles, CC BY NC SA 3.0 Micheal J. Tarr. p. 108
- Onderzoeksplan, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 119

#### Hoofdstuk 5

- Normaal zicht, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 124
- Maculadegeneratie, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 124
- Afbeelding van het oog CC BY SA 4.0 WKRU, samengesteld uit: p. 125
  - Doorsnede van een oog, CC BY 3.0 Blausen.com staff. "Blausen gallery 2014". Wikiversity Journal of Medicine. DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 20018762.
  - Doorsnede van een oog, CC0 1.0 Häggström, Mikael. "Medical gallery of Mikael Häggström 2014". Wikiversity Journal of Medicine 1 (2). DOI:10.15347/wjm/2014.008. ISSN 20018762.
- Microscopische opname van een afweercel, CC BY Volker Brinkmann. p. 126
- Anneke den Hollander, archief Anneke den Hollander. p. 128
- Carel Hoyng, archief Carel Hoyng. p. 128
- De chromosomen van een vrouw in een karyogram, CC BY-SA 3.0 Piolinfax. p. 130
- De structuur van DNA, CC BY-SA 3.0 Zephyris. p. 131
- Normaal zicht, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 146
- Maculadegeneratie, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 146
- Retinis pigmentosa, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 146
- Camera obscura, CC BY-SA 3.0, Josemanuel. p. 152
- Cataract, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 155
- Jurk, bron: swiked.tumblr.com. p. 155
- Onderzoeksplan, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 157

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.