

# Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Slaap en geheugen, Fantaserende dieren en Medicijn voor kinderen

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

Hoofdstuk 2: Slaap en geheugen

## Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Slaap en geheugen, Fantaserende dieren en Medicijn voor kinderen



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



## **Colofon**

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

Opmaak: Jimmy Israël

Druk en afwerking: Tuijtel, Hardinxveld-Giessendam

Coverfoto voor- en achterzijde: Jimmy Israël, © 2024 WKRU

**Eerste druk, januari 2024**

ISBN: 9789083042251

NUR-code: 190

Wilt u een exemplaar bestellen?

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

## **Uitgave:**

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Postbus 9102

6500 HC 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)



**2024 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.116).**



# Hoofdstuk 2 Slaap en geheugen

In dit hoofdstuk beschrijven we een project met als thema 'Slaap en geheugen'. Het thema is gebaseerd op het onderzoek van dr. med. Lisa Genzel en haar team naar nieuwe methodes in proefdieronderzoek. Het hoofdstuk bestaat uit twee delen. In paragraaf 2.1 leggen de onderzoekers uit welke rol slaap speelt bij het opslaan van nieuwe informatie in ons geheugen en hoe zij hier onderzoek naar doen in ratten. Leraren kunnen deze paragraaf gebruiken om zichzelf en hun leerlingen inhoudelijk voor te bereiden op het thema. In paragraaf 2.2 beschrijven we diverse activiteiten waardoor leerlingen dit thema in de klas kunnen ervaren en inspiratie kunnen opdoen voor hun eigen onderzoek.

## Kerdoelen voor dit thema

### *Mondeling taalonderwijs*

2. De leerlingen leren zich naar vorm en inhoud uit te drukken bij het geven en vragen van informatie, het uitbrengen van verslag, het geven van uitleg, het instrueren en bij het discussiëren.
3. De leerlingen leren informatie te beoordelen in discussies en in een gesprek dat informatief of opiniërend van karakter is en leren met argumenten te reageren.

### *Wiskundig inzicht en handelen*

24. De leerlingen leren praktische en formele reken-wiskundige problemen op te lossen en redeneringen helder weer te geven.

### *Getallen en bewerkingen*

26. De leerlingen leren structuur en samenhang van aantallen, gehele aantallen, kommagetallen, breuken, procenten en verhoudingen op hoofdlijnen te doorzien en er in praktische situaties mee te rekenen.

### *Natuur en techniek*

41. De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.

## Radboud Science Team 'Slaap, geheugen en proefdieronderzoek'

Het project 'Slaap, geheugen en proefdieronderzoek' is in het schooljaar 2022-2023 ontwikkeld door een team van onderzoekers van de Radboud Universiteit, basisschoolleraren en het WKRU.

### *Onderzoekers Radboud Universiteit*

Dr. med. Lisa Genzel (universitair hoofddocent), dr. Jacqueline van der Meij (postdoc-onderzoeker). Beide zijn werkzaam bij het Donders Centre for Neuroscience van de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica.

### *Scholen*

Basisschool de Laarakker in Arnhem: Juliëtte Geijselaers en Koen Sibbel (leraren).

Basisschool de Laarhorst in Arnhem: Franca Corstiaensen (leraar).

### *WKRU*

Hanne Kause (projectleider)





### Dr. med. Lisa Genzel

“Ik ben geboren in Californië in de Verenigde Staten, maar verhuisde naar Duitsland toen ik vier was. Mijn moeder klaagde altijd dat ik zelfs als baby zoveel slechter sliep dan mijn zus. Mijn slaapproblemen hielden aan, waardoor ik als kind vaak levendige nachtmerries had. Als tiener kon ik vaak moeilijk in slaap vallen ‘s nachts, waardoor ik op school de verloren slaap inhaalde door middel van een dutje. Toen ik op zoek ging naar redenen waarom mijn slaap zo kwetsbaar is, realiseerde ik me dat we maar weinig weten over slaap, ondanks het feit dat het 30% van ons hele leven in beslag neemt. Tegelijkertijd begon ik de boeken van Oliver Sacks te lezen waarin hij prachtige essays schrijft over rare hersenaandoeningen, een ander onderwerp waar we momenteel heel weinig over weten. Beide onderwerpen fascineerden me zo, dat ik graag neurowetenschappen wilde gaan studeren. Helaas kon dat toen nog niet en dus heb ik geneeskunde gestudeerd. Toen ik een onderwerp voor mijn proefschrift moest vinden en ik erachter kwam dat het mogelijk was om slaap te bestuderen en dan vooral de rol van slaap bij het vormen van ons geheugen, was mijn pad al snel uitgestippeld. Na een paar maanden in mijn eerste onderzoek, merkte ik dat ik tijdens het werk nooit op mijn horloge keek. Ik had geen drang om naar huis te gaan, omdat ik zo genoot van wat ik deed. Toen wist ik wat mijn passie en liefde in het leven zou zijn: onderzoek doen.”

*(Foto: Jimmy Israël)*

## 2.1 Slaap, geheugen en proefdieronderzoek

Dr. med. Lisa Genzel & dr. Jacqueline van der Meij

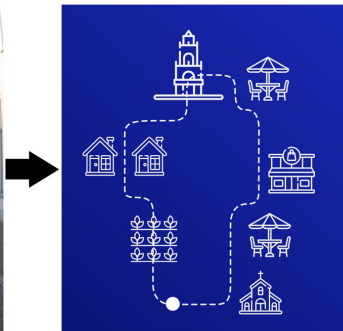
Gedurende de dag krijgt ons brein grote hoeveelheden informatie binnen. Toch kunnen we niet alles wat we meemaken en leren in ons geheugen opslaan. Er moet dus besloten worden welke herinneringen we behouden en in ons geheugen opslaan, en welke informatie niet belangrijk is en dus vergeten kan worden. Als bijvoorbeeld iemand je vertelt over een nieuw huisdier dan is het niet belangrijk om te onthouden welk kleur T-shirt deze persoon aan had terwijl je meer over het huisdier leerde. Deze onbelangrijke informatie zal je dus vergeten. Hoe dat precies gebeurt weten we nog niet. De nieuwe herinneringen die wel worden behouden vormen het langetermijngeheugen (zie Achtergrondinformatie 'Verschillende soorten herinneringen'), kortom de informatie wordt voor een lange tijd in het brein opgeslagen. Dit proces wordt ook wel consolidatie genoemd.

Nieuwe informatie die lijkt op kennis die al in het brein ligt opgeslagen, kan makkelijker worden onthouden. Dat komt doordat de informatie kan worden toegevoegd aan een bestaand kennisnetwerk in het brein, ook wel schema genoemd (zie afbeelding). Als je bijvoorbeeld weet hoe het centrum van een stad eruitziet, omdat je er al een paar keer geweest bent, dan is het makkelijker om de plaats van een nieuw restaurant te vinden. Bijvoorbeeld omdat het restaurant tussen de ijssalon en het gemeentehuis ligt die je al kent. Nieuwe informatie wordt dus sneller opgenomen en we leren nieuwe dingen vaak beter als deze informatie past bij wat we al weten. Iets compleet nieuws leren, waarvoor nog geen schema in het brein bestaat, kan juist erg lastig zijn. Het grootste gedeelte van onze jeugd, tot aan de afronding van de middelbare school, beroeps- of zelfs hoger onderwijs, is dan ook gericht op het opbouwen van kennisnetwerken die we later kunnen gebruiken als schema's.

### Hoe werkt een kennisnetwerk (schema)?



Herinnering aan een gebeurtenis, zoals een wandeling door de stad.



Vorming van een kennisnetwerk van de plattegrond van de stad.



Nieuwe informatie (locatie nieuw restaurant), wordt snel opgenomen in het bestaande kennisnetwerk van de stad.

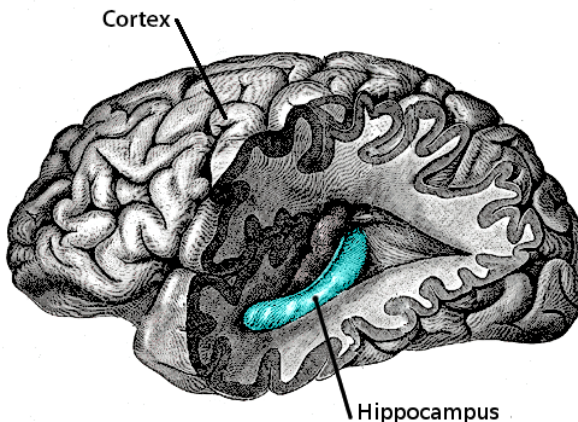
*Het opbouwen en bijwerken van een kennisnetwerk, ook wel schema genaamd, maakt het makkelijker om nieuwe informatie te onthouden. (Afbeelding: Universiteit van Nederland)*

Het 'sorteren' van onze herinneringen, dus beslissen wat te behouden en wat te vergeten, vindt plaats terwijl we slapen. Ondanks dat we nog niet weten hoe dit precies in zijn werk gaat, bestaat het vermoeden dat nieuwe herinneringen tijdens onze slaap opnieuw in het brein geactiveerd worden. Door de herinnering opnieuw 'af te spelen' tijdens de slaap, kan ons brein beslissen welke informatie

behouden moet worden en welke nieuwe informatie kan worden vergeten. Het opnieuw afspelen van herinneringen tijdens de slaap gaat erg snel en duurt dus maar kort. Zo kort dat we ons niet bewust worden dat dit in ons brein plaatsvindt. Dat een herinnering opnieuw wordt afgespeeld tijdens slaap is waarschijnlijk niet de reden dat we dromen, maar echt zeker weten we dat nog niet. Wel weten we inmiddels dat het opnieuw activeren van herinneringen zich vooral afspeelt tijdens het Non-REM slaap stadium (zie Achtergrondinformatie 'Slaapstadia'), terwijl dromen vooral voorkomen tijdens REM slaap.

Slaap is belangrijk voor het opbouwen en bijwerken van ons geheugen, en dus is het erg belangrijk om voldoende en goed te slapen als je nieuwe dingen wilt leren. Zo heeft onderzoek al aangetoond dat je beter presteert op een toets door de nacht ervoor goed te slapen in plaats van de nacht studierend door te brengen. Daarnaast is het van belang, als je iets op de lange termijn goed wilt kunnen onthouden, om nieuwe informatie in kleine gedeeltes en over een langere periode te leren. Het is namelijk over hoeveel tijd (weken, maanden of jaren) je dingen blijft herhalen, en niet de hoeveelheid tijd (in uren) die je daadwerkelijk aan studeren besteedt, die bepaalt hoelang je je iets kan herinneren. Het is dus beter om gedurende een aantal weken om de dag tien minuten te studeren, dan alles één dag voor je toets te leren. En als je dan toch een keer veel in één dag moet leren, dan is het beter om halverwege een pauze in te lassen en misschien zelfs wel even een dutje te doen. Door je brein dat extra beetje slaap te geven, zorg je ervoor dat hetgeen je net geleerd hebt verwerkt kan worden en dus kan worden opgeslagen in het langetermijngeheugen. Kortom, voldoende slaap verkrijgen is erg belangrijk voor een goede werking van je geheugen. Hoe vroeg of laat je naar bed gaat en hoe lang je in totaal per nacht slaapt, is afhankelijk van je chronotype (zie Achtergrondinformatie 'Chronotypen').

Het opslaan van een nieuwe herinnering in het langetermijngeheugen zorgt ervoor dat de plek waar de informatie in het brein ligt opgeslagen verandert. Als nieuwe informatie het brein binnenkomt, speelt vooral de hippocampus, een gebied dat diep in ons brein ligt, een belangrijke rol (zie afbeelding). Nieuwe herinneringen van gebeurtenissen of ervaringen zijn erg gedetailleerd en worden 'episodische' herinneringen genoemd (zie Achtergrondinformatie 'Verschillende soorten herinneringen'). Eenmaal in het brein worden herinneringen door het proces van consolidatie klaargemaakt voor langdurige opslag. Hoewel we nog niet precies weten hoe dit proces werkt, is al wel bekend dat herinneringen na consolidatie worden opgeslagen in de hersenschors (ook wel cortex genaamd),

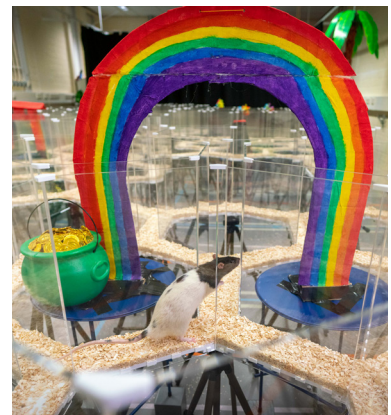


*Het menselijke brein, met aan de buitenkant de zogenaamde hersenschors (cortex) en diep van binnen de hippocampus. (Afbeelding: Henry Vandyke Carter)*

de buitenste laag van de hersenen (zie afbeelding). Tijdens dit proces kan de herinnering zelf ook veranderen. Hierna herinneren we ons niet meer de precieze gebeurtenissen of ervaringen, maar feiten. Uiteindelijk vormen deze feiten samen onze kennisnetwerken.

Wij onderzoeken hoelang het duurt om zo'n kennisnetwerk op te bouwen en, als zo'n netwerk eenmaal bestaat, hoe snel het geüpdatet kan worden met nieuwe informatie. Tegelijkertijd onderzoeken we welke hersengebieden een rol spelen in deze processen. Daarnaast onderzoeken we de rol die slaap en slaap-gerelateerde breinactiviteit speelt in deze processen. Wij denken dat de cellen in het brein, ook wel neuronen genoemd, de nieuw binnenkomende informatie eerst tijdelijk opslaan en deze informatie opnieuw activeren wanneer je slaapt, zodat de nieuwe informatie aan de bestaande kennis toegevoegd kan worden. Om erachter te komen of dit klopt, moeten we de activiteit van elke cel kunnen meten. Dit doen we door opnames te maken van de hersenactiviteit in gebieden die diep in het brein liggen. Daarnaast kunnen we door middel van deze opnames de hersenactiviteit tot in de kleinste details bestuderen. Omdat we deze experimenten niet met mensen kunnen uitvoeren, en we ook geen andere methodes zoals computermodellen kunnen gebruiken, werken wij in ons onderzoek met ratten als proefdieren. Een andere reden hiervoor is dat we bij ratten ook verschillende methodes kunnen gebruiken om bijvoorbeeld een deel van de hersenen voor een korte periode uit te zetten. De ratten merken daar zelf niks van en het geeft ons de mogelijkheid om te kijken hoe belangrijk een bepaald hersengebied is bij het vormen van het geheugen.

Voor dit onderzoek hebben wij een nieuwe navigatietoets ontworpen voor ratten, genaamd de HexMaze (zie afbeeldingen). Met deze onderzoeksofstelling hebben we veel meer mogelijkheden gecreëerd om nieuwe inzichten te krijgen in hoe kennisnetwerken bij ratten ontstaan. Het is een groot doolhof (9 bij 5 meter) dat bestaat uit vier zeshoekige eilanden die met elkaar verbonden zijn via lange en korte bruggen. In en om elk eiland zijn objecten geplaatst die passen bij het thema van het eiland. Zo bevat het eiland genaamd Hawaii een grote palmboom en een vulkaan. Je kan dit doolhof zien als een soort stad voor de ratten, waarbij de verschillende objecten lijken op een kerk en een standbeeld op het plein in je eigen stad. Het is de bedoeling dat de ratten tijdens de navigatietoets de weg leren kennen in de HexMaze en onthouden waar in het doolhof een voedselbeloning te vinden is.



*De HexMaze is een groot doolhof waarin ratten leren navigeren naar een plek waar een voedselbeloning te vinden is. De verschillende objecten in en rondom het doolhof kunnen de ratten helpen om hun weg te vinden. (Foto's: Lisa Genzel)*



Allereerst hebben we onderzocht hoelang het duurt voordat de ratten een kennisnetwerk van het doolhof hebben opgebouwd. Aan het begin van het experiment leren naïeve ratten (ratten zonder ervaring met de navigatietaak) eerst het doel van de taak, namelijk om vanuit elke willekeurige startlocatie in het doolhof naar een vaste plaats te lopen, waar het voedsel zich bevindt. Hierna trainen de ratten gedurende twaalf weken in het doolhof. Elke drie weken ligt het voedsel op een nieuwe locatie. Door de voedsellocatie een aantal keer te veranderen, kunnen de ratten een kennisnetwerk van het doolhof opbouwen. Om te testen hoe goed een rat de voedsellocatie heeft onthouden en hoe goed de rat door het doolhof kan navigeren, kijken we naar het pad dat de rat aflegt tussen de start en de voedsellocatie. We vergelijken dit pad met het kortste pad dat de rat kan nemen. We zien dat de ratten met de tijd steeds vaker het kortste pad nemen naar de voedsellocatie. Dit betekent dat ze steeds meer kennis hebben van de opzet van het doolhof. Aan het einde van de twaalf weken zien we dat de ratten de taak goed en op een stabiel niveau uitvoeren.

Om te onderzoeken of het stabiele gedrag van de ratten betekent dat ze een kennisnetwerk hebben opgebouwd, veranderen we vervolgens de voedsellocaties steeds sneller. Dit betekent dat de ratten minder dagen trainen met dezelfde locatie. We zien dat de ratten hierbij nog steeds op een bijna perfect niveau blijven presteren. We kunnen dus concluderen dat de nieuwe informatie (de nieuwe plek waar voedsel te vinden is) snel verwerkt kan worden als er al een kennisnetwerk (kennis van de opzet van het doolhof) aanwezig is.

De volgende stap in ons onderzoek is om uit te vinden welke gebieden in het brein een belangrijke rol spelen in het opbouwen en updaten van een kennisnetwerk, en welke rol slaap hierin speelt. Om dit te onderzoeken maken we opnames van de hersenactiviteit in gebieden die diep in het brein liggen terwijl de ratten slapen. Door de hersenactiviteit te meten tijdens slaap, zowel één uur voor de rat de navigatietaak doet, als in de vier uur slaap nadat de rat in het doolhof is geweest, kunnen we kijken welke hersengebieden actief zijn na de taak. Ondanks dat het onderzoek nog in volle gang is, weten we inmiddels wel al dat meerdere hersengebieden betrokken zijn bij het vormen en updaten van een kennisnetwerk. In de komende jaren hopen we er ook achter te komen wat de precieze rol van elk hersengebied is, hoe ze precies samenwerken en wat de rol is van de verschillende slaappstadia in de vorming van een kennisnetwerk.

Bij het uitvoeren van dit soort onderzoeken houden we goed in de gaten dat de ratten blij en gezond blijven. Dit is niet alleen belangrijk voor de rat, maar ook voor de uiteindelijke resultaten van het onderzoek. Een gezonde rat zal immers meer natuurlijke gedragingen in de navigatietaak vertonen en beter slapen. Bij het uitvoeren van experimenten met dieren moeten wij als onderzoekers altijd de drie 'V's' (*vervanging*, *vermindering* en *verfijning*) in aanmerking nemen. Dat betekent dat we waar mogelijk onze experimenten (gedeeltelijk) uitvoeren zonder proefdieren (*vervanging*). Als we toch proefdieren moeten gebruiken, dan moeten we het aantal betrokken dieren zo klein mogelijk zien te houden (*vermindering*). Daarnaast moeten we een experiment zodanig opzetten dat de proefdieren zo min mogelijk last ervan ondervinden (*verfijning*). Door deze regels is het voor ons als onderzoeker mogelijk om experimenten met dieren uit te voeren om te onderzoeken hoe een gezond lichaam precies werkt, maar kunnen we bijvoorbeeld ook een ziekte beter begrijpen en er een behandeling voor ontwikkelen.

ACHTERGRONDINFORMATIE

Verschillende soorten herinneringen

In het langetermijngeheugen onderscheiden we verschillende soorten herinneringen: procedurele en declaratieve herinneringen. Onder *procedurele herinneringen* vallen bijvoorbeeld motorische vaardigheden (bewegingen) en gewoontes. Onze *declaratieve herinneringen*, daarentegen, bestaan uit alle informatie in ons geheugen. Hieronder valt bijvoorbeeld ons *episodische geheugen*, dit zijn herinneringen aan gebeurtenissen in je leven. Een voorbeeld hiervan is dat je je kan herinneren waar en wanneer je gister lunch at en ook nog wat je gegeten hebt en met wie. Daarnaast zijn declaratieve herinneringen ook de kennis die we hebben van de wereld om ons heen, bijvoorbeeld welke kleuren de Nederlandse vlag heeft. We kunnen ons bij deze feiten alleen niet meer herinneren wanneer we het precies geleerd hebben. Deze vorm van declaratief geheugen wordt ook wel het *semantische geheugen* genoemd. In ons onderzoek bestuderen we declaratieve herinneringen, waarbij we focussen op de vraag hoe episodische herinneringen worden verwerkt tot semantisch geheugen.



Vaardigheden

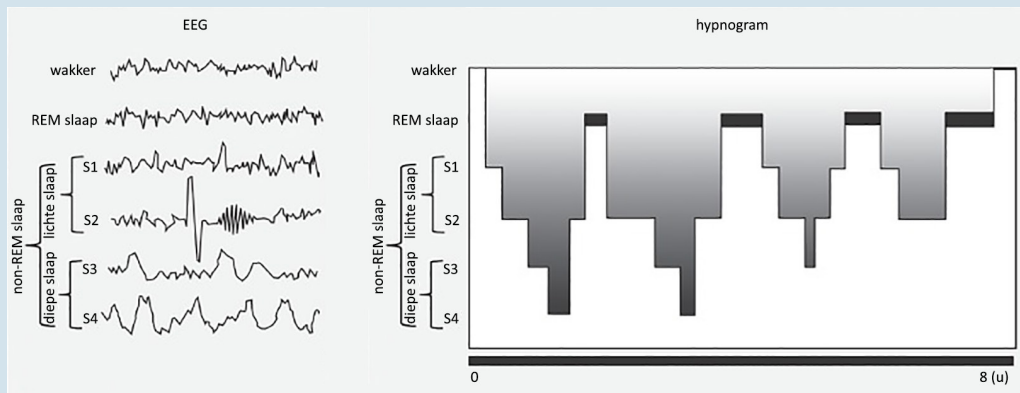
Gebeurtenissen

Kennis

Er zijn verschillende soorten herinneringen, waaronder herinneringen over vaardigheden, gebeurtenissen en kennis. (Afbelldingen vlnr.: Daniel Schwen, Lee Simpson, Rob984)

Slaapstadia

Slaap kan opgedeeld worden in REM en Non-REM slaap. REM staat voor Rapid Eye Movements, oftewel snelle oogbewegingen. Non-REM slaap kan verder verdeeld worden in lichte slaap (stadia 1 en 2) en diepe slaap (stadia 3 en 4, ook wel langzame-golf slaap genoemd). Als we in slaap vallen, beginnen we altijd met Non-REM slaap, van lichte slaap naar diepe slaap (dus stadia 1, 2, 3, 4). Dan

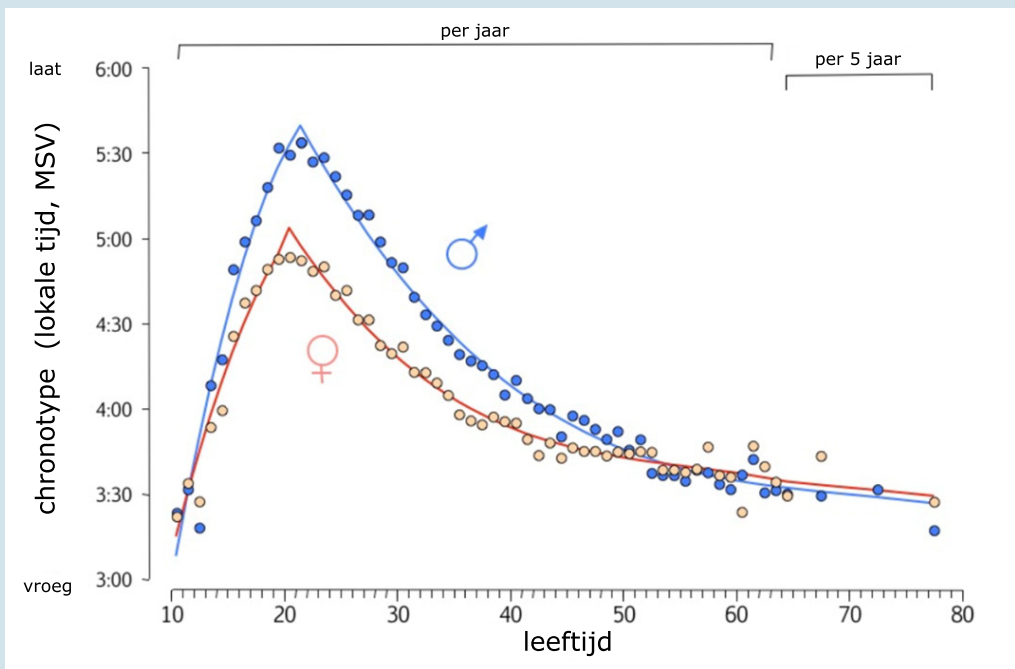


Links: Met behulp van een EEG (elektro-encefalografie) kunnen onderzoekers zien in welk slaapstadium een slapend persoon zich bevindt. Rechts: Alle slaapstadia van één nacht worden weergegeven in een hypnogram. (Afbellding: Lisa Genzel)

gaan we terug naar het lichte slaap stadium 2, alvorens we overschakelen naar REM slaap. REM slaap is speciaal, omdat we dan volledig slappe spieren hebben terwijl onze ogen juist heel veel bewegen. Dit is ook het slaapstadium waarin we vreemde dromen kunnen hebben, maar over het algemeen bevatten alle slaapstadia dromen. Samengenomen vormen Non-REM en REM slaap dus een slaapcyclus. Zo'n cyclus is ongeveer 90 minuten lang en wordt over de nacht heen 3-5 keer herhaald. Vroeg in de nacht bevat de cyclus meer diepe slaap dan REM slaap, terwijl het tegen het einde van de nacht meer REM slaap dan diepe slaap bevat. Als je met een uitgeslapen gevoel wakker wilt worden, dan kan je het beste wakker worden uit een licht slaapstadium in plaats van een diepe slaap of REM slaap.

### Chronotypen

Op welk moment van de dag we slapen, hangt af van ons chronotype. Sommigen van ons hebben een vroeg chronotype, dat wil zeggen dat ze graag vroeg naar bed gaan en dus ook vroeg opstaan. Anderen daarentegen hebben een laat chronotype en gaan liever laat naar bed en staan ook later op. Beide chronotypes zijn normaal en gezond. Als klein kind hebben we allemaal een erg vroeg chronotype. Dit chronotype wordt steeds later naarmate we de pubertijd bereiken. Het meest late slaaptype in ons leven bereiken we als we tussen de 18-22 jaar oud zijn, waarna ons chronotype weer terugkeert naar een vroeger type. Rond de tijd dat we met pensioen gaan, bereiken we dan weer het chronotype dat we hadden toen we een klein kind waren. In de onderstaande grafiek, die de tijd van opstaan minus de tijd van naar bed gaan plot, laat zowel de scheiding tussen leeftijd als geslacht zien.






In deze grafiek kun je zien dat chronotype samenhangt met zowel leeftijd als geslacht. De gekleurde bolletjes geven aan hoe laat het Midden van de Slaaptijd op Vrije dagen (MSV) is van individuen op verschillende leeftijden en bij mannen en vrouwen. (Afbeelding: Till Roenneberg; data eerder gepubliceerd in Roenneberg et al. 2004, Current Biology)

**Verder lezen, kijken en luisteren**

Onderstaande links staan ook op de website [www.wetenschapdeklasin.nl](http://www.wetenschapdeklasin.nl) bij dit thema. Dit symbool  verwijst naar deze website.







**Video's WKRU**

- Videoportret Lisa Genzel bij uitreiking Radboud Science Awards 2022 
- Lezing voor kinderen door Lisa Genzel bij uitreiking Radboud Science Awards 2022 
- Lezing voor leraren door Lisa Genzel bij de Winterschool 2024 




**Meer informatie over slaap en het geheugen**

- Aflevering van De Universiteit van Nederland over het geheugen door Lisa Genzel 
- Aflevering *Memory* van de Netflix serie *The Mind, Explained* 
- Aflevering *Dreams* van de Netflix serie *The Mind, Explained* 
- Filmpje van Schooltv over de invloed van slaap op het geheugen 

**Meer informatie over slaap en de hersenen**

- Filmpje van Schooltv over de biologische klok 
- Filmpje van Schooltv over het gevoel dat je valt in je slaap 
- Filmpje van Schooltv over slaapgebrek 
- Filmpje van Schooltv over slaaptips 
- Filmpje van Schooltv over melatonine 
- Filmpje van Schooltv over verschillende feitjes over slaap 

**Meer informatie over dierproeven**

- Informatie van Stichting Informatie Dierproeven over dierproeven in Nederland 
- Filmpje van De Buitendienst over dierproeven met apen 
- Filmpje van NOS Jeugdjournaal over waarom er nog dierproeven zijn 
- Aflevering van De Universiteit van Nederland over alternatieven voor proefdieren 



## 2.2 Onderzoek naar slaap en geheugen de klas in!

*Radboud Science Team 'Slaap, geheugen en proefdieronderzoek'*



Deze paragraaf beschrijft hoe je in de klas een project onderzoekend leren kunt opzetten bij het thema 'Slaap en geheugen'. Je vindt hier diverse activiteiten voor de verkenning van het project. Deze activiteiten zijn als eerste uitgevoerd bij basisscholen de Laarakker en de Laarhorst in Arnhem.

Alle activiteiten samen vormen een beeld van het onderzoek naar de rol van slapen bij het opslaan van nieuwe informatie in ons geheugen dat in de voorgaande paragraaf staat beschreven. De relatie tussen de activiteiten en het onderwerp staat steeds expliciet uitgeschreven onder het kopje 'Verbinding met het thema'.

De online bijlagen waar bij verschillende activiteiten naar wordt verwezen, zijn te vinden op onze website [www.wetenschapdeklasin.nl](http://www.wetenschapdeklasin.nl). Dit symbool  verwijst naar deze website.

### *Verkenningfase*

De activiteiten in deze paragraaf zijn onderdeel van stap 2 ('verkennen') van het onderzoekend leren. In de verkenningfase gaan de leerlingen het thema breed verkennen. Dit is het moment waarop de inhoudelijke basis voor het project wordt gelegd. Het gaat er in deze fase om dat leerlingen op verschillende manieren kennis opdoen over het thema. De kern van de verkenning bestaat uit het doen van activiteiten, die leerlingen soms in groepjes en soms klassikaal uitvoeren. Het is belangrijk dat je als leraar telkens de verbinding legt tussen de activiteit en wat daaruit te leren valt over het thema en het onderzoek ernaar. Bij iedere activiteit is deze verbinding beschreven.

We raden leraren aan om de 'Leidraad onderzoekend leren' (Van Baren-Nawrocka & Dekker, 2019)  als uitgangspunt te nemen bij de uitvoering van dit project in de klas. Hierin staat een uitgebreide beschrijving van de zeven stappen van onderzoekend leren. Zorg daarnaast dat je het thema ook overkoepelend goed toelicht en uitlegt aan de leerlingen. Je kunt daarvoor de lezing voor kinderen gebruiken die de onderzoeker eerder heeft gegeven  en de informatie die in paragraaf 2.1 beschreven staat.

### *Subthema's*

Het ondervdelen van het hoofdthema in subthema's kan leerlingen helpen om bij stap 3 ('opzetten onderzoek') een onderzoeksvraag te formuleren. Subthema's geven meer houvast, omdat ze vaak minder abstract zijn dan het hoofdthema. Bovendien zorgt het uitvoeren van activiteiten van verschillende subthema's voor meer diversiteit tussen de eigen onderzoeksvragen van de leerlingen. We hebben daarom ook binnen dit thema een aantal subthema's aangebracht. Per activiteit is aangegeven bij welk subthema ze passen:

- Geheugen
- Slaap
- Proefdieronderzoek



## Verkennde activiteiten

### ACTIVITEIT 1: WAT IS GEHEUGEN?

Deze activiteit bestaat uit drie deelactiviteiten. In het eerste en laatste deel doen leerlingen mee aan een geheugenonderzoekje zonder dat ze dit weten. Ze ontdekken dat je nieuwe kennis makkelijker onthoudt als je het kunt koppelen aan iets wat je al weet. In het tweede deel denken de leerlingen na over hun eigen herinneringen en maken ze een geheugenoverzicht met verschillende soorten geheugen.

#### Subthema

Geheugen

#### Doelen

- Leerlingen leren wat het verschil is tussen het herinneren van vaardigheden (procedureel) en van informatie (declaratief).
- Leerlingen leren dat informatieve herinneringen kunnen worden onderverdeeld in gebeurtenissen (episodisch) en kennis van de wereld (semantisch).
- Leerlingen ervaren hoe opgebouwde kennis helpt om nieuwe dingen te leren.

#### Duur

25 minuten


#### Werkvorm

Individueel, in twee- of drietallen en klassikaal

#### Benodigheden

- PowerPointpresentatie 'Plattegronden' 
- Groot vel met ruimte voor drie kolommen met post-its

Per leerling:

- Plattegrond van het eigen schoolplein, ongemarkeerd
- Plattegrond van een onbekend schoolplein, ongemarkeerd 
- Post-its

#### Vorbereiding

Regel een plattegrond van jullie schoolplein. Voeg de plattegrond toe aan dia's 2, 3 en 4 van de PowerPointpresentatie. Markeer op dia 4 een plek waar een nieuw klimrek geplaatst zou kunnen worden. Print voor iedere leerling zowel de ongemarkeerde plattegrond van jullie schoolplein als de ongemarkeerde onbekende plattegrond op dia 1. Hang een groot vel op een centrale plaats in het lokaal en verdeel deze in drie gemarkeerde kolommen: vaardigheden, gebeurtenissen en kennis.

### Activiteit

#### Deel 1: Een nieuw klimrek op het schoolplein

Vertel de klas dat je een korte mededeling hebt. Laat op het digibord de plattegrond van het schoolplein van een andere school zien (dia 1 van de PowerPointpresentatie) en wijs de plek aan waar een nieuw speelrek zal worden geplaatst. Daarna leg je uit dat jullie school ook een klimrek op jullie eigen schoolplein wil plaatsen en wijs je de plek hiervan aan op jullie eigen schoolplein (dia 2). Geef vervolgens aan dat er morgen meer tijd is om het hierover te hebben, maar dat je het alvast even wilde laten weten aan de klas. Dit is belangrijk, omdat de leerlingen in dit stadium nog niet mogen weten dat deze mededeling al onderdeel is van de activiteit.

#### Deel 2: Verschillende soorten geheugen

Vervolgens start je de 'echte' activiteit. Vraag de leerlingen om één of meerdere herinneringen op te schrijven op post-its. Als alle leerlingen iets hebben opgeschreven, leg je uit dat er verschillende soorten herinneringen zijn, waaronder herinneringen over vaardigheden, gebeurtenissen en kennis. Geef van iedere soort herinnering een voorbeeld, bijvoorbeeld hoe je moet bellenblazen (vaardigheid), een herinnering aan je verjaardagsfeestje (gebeurtenis) en weten wat je huisnummer is (kennis). Verdeel de klas in twee- of drietalen en laat de leerlingen met hun groepje bepalen in welke categorie hun herinneringen vallen. Als de leerlingen alle post-its van hun groepje hebben besproken, plakken ze deze op de juiste plek op het grote vel voorin de klas, waarop het geheugenoverzicht wordt gemaakt. Waarschijnlijk hebben de meeste leerlingen voorbeelden opgeschreven van gebeurtenissen, omdat we dit soort herinneringen van nature als het schoolvoorbeeld van herinneringen zien. Leg uit dat alle kennis en feiten in ons hoofd ook herinneringen zijn, zelfs als we niet meer weten wanneer we iets precies geleerd hebben. Hetzelfde geldt voor vaardigheden,



Leerlingen van basisschool de Laarakker proberen zich te herinneren waar de klimrekken geplaatst gaan worden. (Foto: Jimmy Israël)

zoals springen of rennen. Vraag de leerlingen om samen met hun groepje ook een herinnering te bedenken voor de andere twee categorieën. Deze schrijven ze ook op een post-it en hangen ze op het geheugenoverzicht.

### **Deel 3: Wat hebben de leerlingen onthouden?**

Zorg dat er minstens een uur is verstreken sinds de mededeling over het schoolplein. Geef dan iedere leerling de plattegronden van het onbekende en eigen schoolplein op papier en vraag of ze zich nog herinneren waar de klimrekken geplaatst gaan worden op beide schoolpleinen. Toon nu dia 3 van de PowerPointpresentatie en zet voor iedere leerling een stip op ieder schoolplein op de plek die zij zich herinneren.

### **Afronding**

Vraag de leerlingen hoeveel vertrouwen ze hebben in hun antwoorden op de vraag over het klimrek. Is er verschil tussen hoe zeker ze zijn over hun antwoord voor het onbekende en eigen schoolplein? Laat nu de laatste dia zien. Hadden de leerlingen het goed onthouden? Hoe zou dat komen? Op basis van hoe het geheugen werkt, is te verwachten dat leerlingen de locatie op hun eigen schoolplein beter hebben onthouden dan die op het onbekende schoolplein. Ook zal er meer spreiding zitten tussen de stippen op het onbekende schoolplein en zullen de leerlingen minder vertrouwen hebben in dit antwoord. Vraag de leerlingen waarom dit zou kunnen zijn. Leg uit dat het niet toevallig is als ze de plek van het klimrek op jullie eigen schoolplein beter hebben onthouden. Wanneer je iets compleet nieuws moet leren, kan dit erg lastig zijn. Maar als je het kunt koppelen aan voorkennis, dan wordt het leren van nieuwe informatie stukken makkelijker. Dit wordt ook wel het *schema-effect* genoemd. Vraag de leerlingen welke soorten geheugen ze hebben gebruikt in het onderzoekje over het schoolplein. Leg uit dat dit valt in de categorie kennis. Voeg een post-it met dit voorbeeld toe aan het geheugenoverzicht.

### **Verbinding met het thema**

#### *Verskillende soorten geheugen*

Ons geheugen kun je opdelen in het procedureel geheugen en declaratief geheugen. De procedurele herinneringen worden in de activiteit *vaardigheden* genoemd, hieronder vallen bijvoorbeeld motorische vaardigheden en gewoontes. De declaratieve herinneringen bestaan uit alle informatie in ons geheugen. Hierbij wordt nog onderscheid gemaakt tussen twee categorieën. De eerste categorie is het episodische geheugen, dit zijn herinneringen aan *gebeurtenissen* in je leven. Een voorbeeld hiervan is dat je je kan herinneren waar en wanneer je gisteren lunch at en ook nog wat je gegeten hebt en met wie. De tweede categorie is het semantische geheugen. Dit is alle *kennis* die we hebben van de wereld om ons heen, bijvoorbeeld welke kleuren de Nederlandse vlag heeft. We kunnen ons bij deze feiten alleen niet meer herinneren wanneer we het precies geleerd hebben.

#### *Het schema-effect*

Het schema-effect is het fenomeen dat we dingen sneller leren als het past bij iets wat we al weten. Ons brein kan dan gebruikmaken van voorkennis, in deze activiteit het semantisch geheugen van het schoolplein, waaraan de nieuwe informatie gekoppeld kan worden, in dit geval de locatie van het nieuwe klimrek. Als er geen koppeling te maken is met eerder opgeslagen informatie, zoals bij het leren van compleet nieuwe informatie, dan is het opslaan van deze kennis een stuk lastiger. Het toevoegen van nieuwe herinneringen aan ons semantische geheugen wordt ook wel *consolidatie* genoemd, oftewel het vormen van het langetermijngeheugen.



## ACTIVITEIT 2: WAAROM SLAPEN WE?

---

Met de 'vingertik-test' ontdekken leerlingen dat slaap een grote rol speelt bij het aanleren van nieuwe vaardigheden.

### Subthema's

- Slaap
- Geheugen

### Doelen

- Leerlingen leren de resultaten van twee groepen proefpersonen met elkaar te vergelijken.
- Leerlingen maken kennis met een experiment waarin proefpersonen willekeurig zijn ingedeeld.
- Leerlingen leren wat nodig is om een onderzoek eerlijk te maken.
- Leerlingen ontdekken dat slaap effect heeft op een aangeleerde vaardigheid.
- Leerlingen leren dat je slaap bestaat uit verschillende fases.


### Duur

90 minuten

### Werkvorm

In twee- of drietallen en individueel


### Benodigheden

- Video met uitleg over verschillende slaapstadia 

Per leerling:

- Werkblad 'De vingertik-test' 

Per twee- of drietal:

- Laptop of computer, zorg dat het toetsenbord een losse '+'-toets heeft
- Programma voor de 'vingertik-test' 

### Vorbereiding

Download het programma en zet deze klaar op de laptops of computers. Loop met behulp van het werkblad alvast het programma een keer door. Het programma werkt alleen als de laptop of computer een losse '+'-toets heeft. Zorg dat je ook test of het programma werkt op de laptops of computers van de leerlingen. De naam die je invult in het veld 'Proband' wordt na de test gebruikt om de resultaten op te slaan in de map 'Auswertungen'. Zorg daarom dat hetzelfde twee- of drietal leerlingen steeds dezelfde laptop gebruikt, zodat ze achteraf gemakkelijk hun eigen testresultaten terug kunnen vinden.

### Activiteit

#### Deel 1: De 'vingertik-test'

Leg uit dat jullie vandaag met de klas een experiment gaan doen, hiervoor doet iedere leerling een 'vingertik-test'. Verdeel de groep in twee- of drietallen, zodat iedereen de kans krijgt om de test te doen. Geef iedere leerling een werkblad. Hiermee openen ze het programma en vullen ze de juiste gegevens in. Benadruk dat alle leerlingen "test naam\_leerling" invullen in het bovenste veld, zodat

de resultaten van het experiment opgeslagen worden. Let op bij leerlingen die dezelfde naam hebben: als je twee keer het programma draait met dezelfde naam, dan worden de vorige resultaten overschreven. Zorg er dus voor dat deze leerlingen ieder een unieke naam invoeren.

Tijdens de test moeten de leerlingen de reeks 4-1-3-2-4 tikken met de vingers van hun niet-schrijfhand. De uitdaging is om dit zo snel en zo vaak mogelijk te doen. De test bestaat uit 12 blokken van 30 seconden, met steeds 20 seconden pauze tussendoor. Vertel de leerlingen nog niet dat ze op een later moment nog een keer getest gaan worden! Als alle leerlingen het programma hebben voltooid, vervolg je de lesdag zoals gepland. Zorg dat je minstens één andere activiteit doet voor je met deel 2 verder gaat. We raden aan om een back-up te maken van de resultaten van de leerlingen, zodat deze niet per ongeluk overschreven worden in de volgende rondes.



*Het uitvoeren van de 'vingertik-test' vergt veel concentratie voor de leerlingen van basisschool de Laarhorst. (Foto: Jimmy Israël)*

### **Deel 2: Testfase voor groep A**

Vervolg het experiment aan het einde van de dag. Vertel de klas dat het voor het experiment nodig is dat de helft van de groep de test die ze eerder hebben gedaan herhaalt, en de andere helft van de leerlingen juist niet. Verdeel de groep willekeurig in tweeën (A en B), bijvoorbeeld met behulp van namen op ijsstokjes. Alle leerlingen in groep A zullen de test nog een keer doen. Als de leerlingen doorvragen over de reden, zeg dan dat je morgen meer uitleg zult geven over het experiment. De leerlingen van groep B worden op een later moment getest, maar zorg ervoor dat ze dat op dit moment nog niet weten.

Deze keer doen de leerlingen maar drie rondes in plaats van twaalf. Ook nu moeten de leerlingen zo correct en zo vaak mogelijk de reeks intikken. Deel de werkbladen uit en benoem dat de leerlingen voor het starten de 12 in het onderste veld moeten veranderen in een 3 (zie afbeelding). Zorg ook

dat ze deze keer juist "middag naam\_leerling" invullen in het bovenste veld, zodat hun vorige testresultaten niet worden overschreven. Als alle leerlingen de test hebben gedaan, bespreek deze dan kort na. Vonden de leerlingen het deze keer makkelijker dan eerder op de dag? Voelde het anders?



Finger Tapping Task

Anzahl der Wiederholungen:

Proband: bitte Namen eingeben

Sequenz: 41324

Dauer eines Testintervalls: 30

Dauer eines Pausenintervalls: 20

Anzahl der Wiederholungen: 12

Trennzeichen:  Semikolon  Komma

Versuch starten

Max-Planck-Institut für Psychiatrie

*Instellingen voor de testfase (deel 2 en deel 3).  
(Afbeelding: Martin Dresler)*

### Deel 3: Testfase voor groep B en verwerken resultaten

Bij de start van de volgende schooldag vertel je dat de leerlingen in groep B ook de vingertik-test nog een keer zullen doen. Deel de werkbladen uit. Zorg dat ze "ochtend naam\_leerling" in het bovenste veld invullen en een 3 invullen in het onderste veld. Hoe voelde het voor de leerlingen om de test te doen? Voelde het makkelijker dan gisteren? Waarom wel of niet?

Bespreek nu met de leerlingen de opzet van het experiment. Gisteren heeft iedereen het vingertikken eerst geoefend. Daarna heeft de helft van de leerlingen (groep A) de test diezelfde middag opnieuw gedaan. Groep B heeft juist eerst een nacht geslapen en daarna de test opnieuw gedaan. Welke groep zou het beter gedaan hebben volgens de leerlingen? Waarom denken ze dat? Daar gaan jullie nu achter komen! Laat de leerlingen in twee- of drietallen hun testresultaten opzoeken en verwerken. Ze openen hiervoor de twee Excel-bestanden met hun eigen testresultaten in de map 'Auswertungen'. Bij de resultaten van de eerste test 'test [voornaam]' tellen ze het aantal correct ingevoerde reeksen van de laatste drie training rondes bij elkaar op (in kolom C). Voor de tweede test (in de middag of in de ochtend) 'middag/ochtend [voornaam]' tellen ze het totaal aantal correct ingevoerde reeksen van de drie rondes bij elkaar op. Als alle leerlingen hun eigen scores berekend hebben, bereken je klassikaal met de leerlingen samen het gemiddelde van de drie groepen: de gemiddelde score voor de hele klas bij de eerste testronde, de gemiddelde score van groep A (middag) bij de tweede test en de gemiddelde testscore van groep B (ochtend) bij de tweede test. Hier zou uit moeten komen dat de scores van groep B gemiddeld beter zijn dan die van groep A.

### Afronding


Bespreek de resultaten met de leerlingen. Zit er inderdaad een verschil tussen de scores van groep A en groep B? Komt dit overeen met de verwachting van de leerlingen? Waarom wel/niet? Leg uit dat slaap een belangrijke rol speelt bij het opslaan en verwerken van dingen die je overdag geleerd hebt.

Onze herinneringen en vaardigheden kunnen hierdoor worden versterkt, dat heet *consolideren*. Als je een nieuwe vaardigheid hebt geleerd, kun je dus merken dat het na een nachtje slaap opeens een stuk beter gaat. Zorg dus altijd dat je genoeg geslapen hebt voor een belangrijke toets! Bespreek ook de opzet van het experiment met de leerlingen. Benoem dat je de groep willekeurig in tweeën hebt gesplitst. Waarom zou dat zijn? Leg uit dat het bijvoorbeeld niet eerlijk vergelijken is als net alle leerlingen die al piano kunnen spelen in de ene groep zitten. Zeg ook dat je expres verborgen hebt gehouden dat de leerlingen een tweede keer getest zouden worden, zodat ze niet speciaal gingen oefenen op de reeks. Op deze manier krijg je een eerlijker resultaat van het experiment. Laat als afsluiting (een deel van) een video van *De Buitendienst* zien over verschillende slaapstadia en de functie van slaap (van 4:23 tot en met 6:58). Vertel dat je met behulp van een fitbit of een ander sporthorloge ook de verschillende slaapstadia kunt meten. Daarbij is het wel belangrijk om te noemen dat een polsmeting niet heel betrouwbaar is en dat deze onderschat hoeveel je echt slaapt.

### Verbinding met het thema

Het is heel erg verrassend dat we zo weinig weten over slaap, terwijl we 30% van ons leven slapend doorbrengen. Wel weten we dat slaap bestaat uit verschillende slaapstadia die zich door de nacht heen herhalen. Slaap kan opgedeeld worden in REM- en non-REM-slaap (NREM-slaap). REM staat voor *Rapid Eye Movements*, oftewel snelle oogbewegingen. Non-REM slaap kan verder verdeeld worden in lichte slaap (stadia 1 en 2) en diepe slaap (stadia 3 en 4, ook wel langzame-golfslaap genoemd). Als we in slaap vallen, beginnen we altijd met non-REM-slaap, van lichte slaap naar diepe slaap (dus stadia 1, 2, 3, 4), dan gaan we terug naar lichte slaap stadium 2 alvorens we overschakelen naar REM-slaap. REM-slaap is speciaal, omdat we dan volledig slappe spieren hebben, terwijl onze ogen juist heel veel bewegen. Dit is ook het slaapstadium waarin we vreemde dromen kunnen hebben, maar over het algemeen bevatten alle slaapstadia dromen. Samen genomen vormen non-REM- en REM-slaap dus een slaapcyclus. Zo'n cyclus is ongeveer 90 minuten lang en wordt over de nacht heen drie tot vijf keer herhaald. Vroeg in de nacht bevat de cyclus meer diepe slaap dan REM-slaap, terwijl het tegen het einde van de nacht meer REM-slaap dan diepe slaap bevat. Als je met een uitgeslapen gevoel wakker wilt worden, dan kan je het beste wakker worden uit een licht slaapstadium in plaats van een diep of REM-slaapstadium. We weten inmiddels dat slaap belangrijk is en verschillende functies heeft. Toch is er nog veel onderzoek nodig naar hoe de verschillende slaapstadia en de breinsignalen tijdens slaap een rol hebben in deze functies.

### Tip

De afleveringen 'Memory' en 'Dreams' van de Netflix documentaire 'The mind explained'  zijn een mooie aanvulling op deze activiteit.



## ACTIVITEIT 3: WANNEER SLAPEN WE?

Leerlingen onderzoeken of mensen van verschillende leeftijden andere slaapvoorkeuren hebben.

### Subthema

Slaap

### Doelen

- Leerlingen ontdekken dat de tijden waarop we slapen afhangen van hoe oud we zijn.
- Leerlingen maken kennis met het doen van een klein experiment.

### Duur

45 minuten, daarnaast tijd om de vragenlijst af te nemen bij proefpersonen

### Werkvorm

Individueel, in viertallen en klassikaal

### Benodigheden

Per leerling: printblad 'Vragenlijst' 

### Vorbereiding

Verdiep je alvast in het uitlegblad, zodat je de leerlingen kunt helpen met het uitwerken van de resultaten van hun onderzoek.

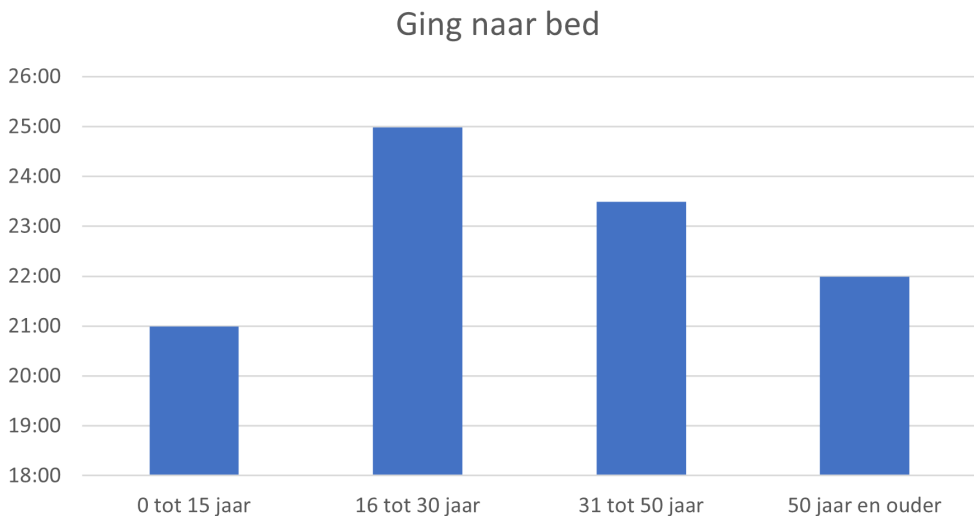


De leerlingen van basisschool de Laarhorst zijn naar een winkelcentrum gegaan voor het zoeken van proefpersonen voor hun onderzoek. (Foto: Jimmy Israël)

**Activiteit**

Vraag de leerlingen hoe laat ze het liefst gaan slapen, als ze de keuze hadden. Wil iedereen het liefst even laat naar bed, of zijn er juist verschillen in de klas? En hoe zit dat met opstaan, verschilt dat veel van elkaar? Vraag de leerlingen of ze denken dat slaapvoorkeuren afhangen van hoe oud iemand is. Waarom wel of niet? Vertel dat jullie dat met de klas gaan onderzoeken. Deel de vragenlijsten uit en geef iedere leerling de opdracht om op zoek te gaan naar ongeveer vijftien proefpersonen in hun omgeving. Ze kunnen verschillende familieleden, burens, leraren en/of mensen op straat vragen, zolang ze ervoor zorgen dat ze uiteindelijk in elke leeftijdscategorie (0 tot 15 jaar, 16 tot 30 jaar, 31 tot 50 jaar en ouder dan 50) een aantal proefpersonen hebben.

Als alle leerlingen de kans hebben gehad om antwoorden van hun proefpersonen te verzamelen, verdeel je de klas in viertallen. Ieder viertal voegt hun vragenlijsten samen en verwerken met elkaar de antwoorden. Laat hierna de leerlingen per leeftijdscategorie zowel de gemiddelde tijd van naar bed gaan als de gemiddelde tijd van opstaan uitrekenen. Het is hierbij handig om de tijden na 24 uur 's nachts door te tellen. Dus 1 uur 's nachts wordt 25 uur, 2 uur 's nachts wordt 26 uur, en zo verder. Hierna verwerkt het groepje hun data in twee grafieken: gewenste tijd van naar bed gaan en tijd van opstaan (zie afbeelding).



*Bij het berekenen van de gewenste tijd van naar bed gaan tel je door na 24 uur 's nachts. In dit geval kun je aflezen dat de groep 16- tot 30-jarigen gemiddeld het liefst om 25 uur, oftewel 1 uur 's nachts, naar bed gaan. (Afbeelding: WKRU)*

**Afronding**

Besprek klassikaal de grafieken van de verschillende groepjes. Zit er een verschil tussen de leeftijden in hoe laat ze graag naar bed gaan? En is er verschil in hoe laat ze op zouden willen staan? Hebben de groepjes dezelfde gemiddelden, of is er juist verschil tussen de groepjes? Hoe zou dat kunnen komen? Vertel dat onderzoekers hebben ontdekt dat onze slaaptijden veranderen in de loop van ons leven. Jonge kinderen gaan eerder naar bed dan oudere kinderen en jongvolwassenen. Het is dus niet gek als een tiener tot het begin van de middag slaapt, dit is namelijk zijn/haar natuurlijke slaaptijd.

### *Verbinding met het thema*

Het krijgen van genoeg slaap is belangrijk voor ons geheugen. Maar wanneer we slapen kan nogal verschillen. Sommige mensen gaan graag vroeg naar bed en staan vroeg op, terwijl andere juist liever laat gaan slapen en laat opstaan. Wanneer we slapen is onder andere afhankelijk van je *chronotype*, oftewel het natuurlijke dag- en nachtritme van je lichaam. Als klein kind hebben we allemaal een erg vroeg chronotype, maar dit chronotype wordt steeds later naarmate we de pubertijd bereiken. Het meest late slaapttype in ons leven bereiken we dan ook als we tussen de 18-22 jaar oud zijn, waarna ons chronotype weer terugkeert naar een vroeger type. Rond de tijd dat we met pensioen gaan, bereiken we dan weer het chronotype dat we hadden toen we een klein kind waren. In onderzoek naar chronotype is het belangrijk dat er van iedere leeftijd genoeg proefpersonen meedoen, zodat de resultaten representatief zijn voor de populatie die wordt onderzocht. Toch is dat vaak een uitdaging voor onderzoekers. Omdat veel mensen tussen de 25 en 65 druk zijn met hun werk, heeft een (slaap)onderzoek vaak een scheef verdeelde dataset.

### *Tips*

- Bij jongere leerlingen kun je ervoor kiezen om de resultaten zelf te analyseren en daarna klas-sikaal te bespreken.
- Als uitbreiding zouden de leerlingen ook kunnen kijken naar verschillen tussen geslachten, omdat bekend is dat vrouwen over het algemeen een vroeger chronotype hebben dan mannen.
- Door de resultaten van de verschillende groepjes te printen en op te hangen, ontstaat de mogelijkheid om het te hebben over replicatie (herhaling van het onderzoek). Leg uit dat verschillende onderzoekers vaak hetzelfde experiment doen om uit te vinden of de resultaten elke keer hetzelfde zijn en dus of de conclusie van het onderzoek klopt.

**ACTIVITEIT 4: WAAROM GEBRUIKEN WE DIEREN IN ONDERZOEK?**

Leerlingen vormen met de werkvorm 'beweegredeneren' een standpunt over proefdieronderzoek en gaan hierover met elkaar in gesprek. Ze onderzoeken of hun mening gebaseerd is op een argument of een gevoel.

**Subthema**

Proefdieronderzoek

**Doelen**

- Leerlingen denken na over het gebruik van proefdieren in onderzoek.
- Leerlingen leren een mening te formuleren over proefdieronderzoek.
- Leerlingen leren om argumenten te formuleren, een standpunt te verdedigen, naar elkaar te luisteren en zich in te leven in het standpunt van een ander.
- Leerlingen reflecteren op welke beweegredenen ze hebben bij een standpunt.




**Duur**

45 minuten


**Werkvorm**

Klassikaal

**Benodigheden**

- Filmpje van *De Buitendienst* over proefdieronderzoek 
- PowerPointpresentatie 'Stellingen' 
- Printblad 'Vier vakken' 
- Ruimte waarin leerlingen zich vrij kunnen bewegen

**Vorbereiding**

Als voorbereiding op deze activiteit is het mogelijk om als school een bezoek te brengen aan een dierenlaboratorium. Op deze lijst  kun je contactgegevens vinden van dierenlabs in Nederland die openstaan voor schoolbezoeken.

Deel de ruimte in vier vakken met twee assen: voor (denkargument), voor (gevoelsargument), tegen (denkargument) en tegen (gevoelsargument). Markeer ieder vak met één van de geprinte afbeeldingen 'Vier vakken'.

**Activiteit**

In de vorige activiteiten hebben de leerlingen kennisgemaakt met hoe je onderzoek kunt doen naar slaap en geheugen. Om meer te ontdekken over hoe we nieuwe dingen leren of hoe slaap helpt bij het vormen van ons geheugen, is het ook nodig om te onderzoeken wat er precies in de hersenen gebeurt. Vertel dat er bij dit soort onderzoek vaak gebruikt wordt gemaakt van proefdieren, zoals ratten of muizen. Onderzoekers moeten zich bij het uitvoeren van dierproeven aan hele strenge regels houden. Ze moeten eerst bewijzen dat er echt geen andere manier is om aan deze kennis te komen. Ook moet er goed voor de dieren gezorgd worden, onder andere door te zorgen dat de dieren geen stress of pijn ervaren. Daarnaast zijn er overheidsinstanties die regelmatig in de gaten houden of onderzoekers in dierenlaboratoria zich aan alle regels houden. Benoem ook dat het testen

van make-up op dieren verboden is in Nederland. Laat hierna de video van *De Buitendienst* zien over het doen van onderzoek op proefdieren.

Laat de leerlingen plaatsnemen in het midden van de ruimte (lokaal of buitenruimte). Leg uit dat je de ruimte in vier vakken hebt verdeeld: voor (denken), voor (voelen), tegen (denken) en tegen (voelen). Toon nu één voor één de stellingen in de PowerPointpresentatie of lees ze voor. De leerlingen bedenken bij iedere stelling of ze voor of tegen de stelling zijn, en gaan aan de bijbehorende kant van het lokaal staan. Vraag vervolgens aan de leerlingen of ze op deze mening zijn gekomen door te *denken* of te *voelen*, en vraag ze om naar het bijbehorende vak te lopen.



*Voor iedere stelling bepalen de leerlingen van basisschool de Laarhorst welk vak het beste past bij hun mening. (Foto: Franca Corstiaensen)*



De leerlingen staan nu verdeeld op vier plaatsen in het lokaal. Vraag aan enkele leerlingen uit verschillende vakken waarom ze daar zijn gaan staan. Waarom denk je dit? Welke ervaringen hebben je hiertoe gebracht? Maakt het voor je uit om welke reden er onderzoek gedaan wordt op dieren? Hangt je mening ook af van hoe erg de dieren lijden tijdens het onderzoek? Kun je het nog verder toelichten? Let op: het gaat er bij deze activiteit om dat leerlingen hun mening ontwikkelen. Het is daarom geen debat waarin argumenten tegenover elkaar worden gezet, maar een ruimte waar verschillende meningen en bijbehorende argumenten naast elkaar mogen bestaan. Een belangrijke spelregel is daarom dat elk argument mag. Rem de leerlingen dan ook wanneer zij elkaar proberen te overtuigen of de ander geen ruimte geven voor de eigen mening.

Nu de leerlingen wat van elkaars argumenten hebben gehoord, vraag je ze om naar een ander vak te lopen en dus een positie in te nemen die niet hun eigen positie is. De leerlingen bedenken een nieuw argument bij deze nieuwe positie. Als de leerlingen nog niet veel ervaring hebben met het maken van argumenten, kun je ze in groepjes laten overleggen. Vraag nogmaals enkele leerlingen welk(e) argument(en) ze hebben bedacht voor hun nieuwe positie. Hoe is het voor ze om bij een ander vak te staan? Herhaal deze stappen voor alle stellingen.

### **Afronding**

Bespreek de stellingen na met de klas. Zijn er leerlingen van mening veranderd naar aanleiding van wat anderen gezegd hebben? Waarom wel/niet? En heeft het zien van het filmpje, of eventueel het bezoek aan een laboratorium, invloed gehad op hun mening? Waarom wel/niet?

### **Verbinding met het thema**


Lisa Genzel doet met haar team onderzoek naar geheugen en hoe slaap daar een rol in speelt. Het gedeelte van het brein dat belangrijk is voor dit proces, de hippocampus, ligt diep in het menselijke brein. Bij mensen kunnen ze niet makkelijk de hersenactiviteit in dit gebied meten, onder andere omdat de imaging technieken nog niet ver genoeg zijn. Lisa Genzel en haar collega's maken daarom gebruik van proefdieren in hun onderzoek. Ze gebruiken knaagdieren (ratten en muizen), omdat ze bij deze dieren kleine opname-elektroden in het brein kunnen plaatsen om in detail de hersenactiviteit te meten. Ook kunnen ze ervoor zorgen dat sommige hersengebieden tijdelijk niet werken, om zo uit te vinden hoe belangrijk de hippocampus eigenlijk is.

### **Tips**

Mocht dit mogelijk zijn, dan raden wij aan om de klas voor deze activiteit in twee groepen te verdelen. Dit brengt meer rust in het gesprek en geeft meer leerlingen de kans om hun argumenten te verwoorden.

Het is mogelijk met je klas een dierenlaboratorium te bezoeken in Nijmegen, Maastricht of Amsterdam. Kijk bij 'Ervaringen in de klas' voor contactgegevens.

### **Aangepast van de oorspronkelijke activiteit door Paul van der Zande:**

Zande, P. van der (2017): 'Beweegredeneren, een werkvorm bij dilemma's in de klas'. 



### Ervaringen in de klas

Hieronder vertelt Koen Sibbel, leraar van basisschool de Laarakker in Arnhem, over zijn ervaringen in de klas.

“Het was heel interessant om met het thema *Slaap en geheugen* aan de slag te gaan en ook de leerlingen sprak het erg aan. Ze worden uitgedaagd om op een andere manier met de stof om te gaan dan dat ze gewend zijn. Het is ook een onderwerp dat erg geschikt is om met onderzoekend leren aan de slag te gaan. Deze manier van onderwijs is een onderdeel van onze visie als school en dat is ook waarom we meedoen met dit project. Het zorgt ervoor dat het leren echt vanuit de leerlingen zelf komt. Zo leren zij zelf vragen te stellen en ontdekken zij zelf wat zij nodig hebben om tot een antwoord te komen.”



Leerlingen van basisschool de Laarakker krijgen een kijkje achter de schermen in het dierenlab van dr. med. Lisa Genzel. (Foto: Jimmy Israël)

“Het meest bijzondere aan dit project is dat de leerlingen werken aan een onderwerp waar ze normaal gesproken niet zo snel stil bij staan. Zo zullen zij niet uit zichzelf ‘slaap’ en ‘geheugen’ aan elkaar koppelen en er in de klas mee aan de slag gaan. Als leraar is de toegevoegde waarde dat wij zelf weer worden uitgedaagd om de verdieping te zoeken om de leerlingen goed te begeleiden.”

“De leukste activiteit voor de leerlingen was activiteit 2 ‘Waarom slapen we?’, waarbij zij zo snel mogelijk een cijfercombinatie in moesten tikken. Daarbij zagen wij ook de grootste betrokkenheid. De activiteit laat heel goed het effect van slaap op je geheugen zien en dat je jezelf kan trainen.”

“De activiteiten die in dit boek staan, bieden ook ruimte om creatief te zijn en zelf invulling te geven aan de opdrachten. Zo worden er bij activiteit 3 ‘Wanneer slapen we?’ vragenlijsten afgenomen door de leerlingen over slaapgewoontes. Eén van onze leraren heeft de leerlingen de opdracht gegeven om thuis en in de eigen omgeving proefpersonen te ondervragen. Een andere leraar is met de leerlingen naar een winkelcentrum in de stad geweest om daar de mensen te bevragen. Op die manier kun je er je eigen draai aan geven. Ze werkten allemaal naar hetzelfde doel toe, maar de route die je kunt nemen varieert.”

Naast de activiteiten in de klas, bezochten leerlingen van de Laarakker en de Laarhorst het Centraal Dierenlaboratorium van het Radboudumc in Nijmegen. Onderzoeker Lisa Genzel liet aan de hand van vier demonstraties de leerlingen kennismaken met haar proefdieronderzoek. Koen vult aan: “Wat je in het dierenlab ziet gebeuren, is dat de leerlingen uit hun eigen vertrouwde omgeving komen en dat ze daardoor enthousiast raken. Daarnaast belanden ze in feite ook in de directe wereld van de onderzoeker. Door op locatie mee te doen aan de demonstraties, kunnen ze proeven aan het onderwerp.”

“Er zijn verschillende competenties die de leerlingen gebruiken en ontwikkelen tijdens het doorlopen van de activiteiten. Eén belangrijke is toch wel het *ontdekken*. Daarnaast zijn *samenwerken*, *overleggen* en *projectmatig werken* ook prominente competenties die aan bod komen. Tot slot werken zij ook aan hun *digitale vaardigheden*.”

“Als tip wil ik meegeven om je goed te verdiepen in de achtergrond van het thema. Als leraar krijg je vragen waar je misschien niet meteen het antwoord op kunt geven. Er zijn momenten geweest dat ik op de vraag terug moest komen om zelf eerst uit te zoeken hoe het nou echt zit. Het mooie daarvan is dat je zo het proces echt samen doorloopt met je leerlingen. En dan ontdek je ook dat we heel veel dingen nog niet weten als het gaat om verbanden tussen slaap en geheugen.”

*Wil je zelf ook met je klas een dierenlaboratorium bezoeken? Dat kan in Nijmegen, Maastricht of Amsterdam* 🌐 *Neem via onderstaande gegevens contact op om een bezoek af te stemmen:*

- **Nijmegen: Centraal Dierenlaboratorium Radboud Universiteit**  
Lisa Genzel: [l.genzel@donders.ru.nl](mailto:l.genzel@donders.ru.nl)
- **Maastricht: Centrale Proefdiervoorzieningen (CPV) van Maastricht University**  
Andreas Teubner: [a.teubner@maastrichtuniversity.nl](mailto:a.teubner@maastrichtuniversity.nl)
- **Amsterdam: Animal Research Institute AMC (ARIA)**  
Cindy Schlosser: [c.m.schlosser@amsterdamumc.nl](mailto:c.m.schlosser@amsterdamumc.nl)

## 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 en het basisonderwijs.

### Expertise

De expertise van het WKRU ligt in het ontwikkelen van lesmateriaal over wetenschap en 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](http://www.wetenschapdeklasin.nl).

### Activiteiten

Het WKRU biedt verschillende activiteiten aan voor leraren (in opleiding), scholen en onderzoekers. Elk jaar ontwikkelen drie prijswinnende onderzoekers samen met het WKRU activiteiten over een actueel wetenschappelijk thema. Daarnaast gaat het WKRU ook met andere onderzoekers de samenwerking aan om lesmateriaal over wetenschap te ontwikkelen voor het basisonderwijs. Ook bezoeken jonge onderzoekers jaarlijks basisscholen in de omgeving om de leerlingen mee te nemen in hun dagelijks werk als onderzoeker. Het WKRU begeleidt hen bij het voorbereiden van hun les. Gedurende het schooljaar wordt professionalisering voor leraren 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](http://www.wkru.nl).

### Financiers

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

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

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



@WKRU1



@wkrunijmegen



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



@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 bijdrage hebben geleverd aan 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. De activiteiten kunnen gebruikt worden bij een project onderzoekend leren, waarin de leerlingen in groepjes één vraag formuleren 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 is online beschikbaar via de website [www.wetenschapdeklasin.nl](http://www.wetenschapdeklasin.nl). Tevens heeft het WKRU samen met andere partners binnen de Radboud Universiteit en leraren uit het primair en voortgezet onderwijs een leerlijn onderzoeksvaardigheden ontwikkeld. Deze leerlijn laat zien wat leerlingen van een bepaalde leeftijd zouden moeten (kunnen) leren en wat in de lessen aan bod zou kunnen komen. De leerlijn geeft leraren houvast bij het ontwerpen van lessen waarin leerlingen zelf onderzoek doen, zie [www.ru.nl/leerlijnpovo](http://www.ru.nl/leerlijnpovo).

### Website met aanvullend materiaal

Aan de boekenreeks is een website gekoppeld, [www.wetenschapdeklasin.nl](http://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. Tevens staan alle thematische hoofdstukken in digitale vorm op deze website.



## Thema's per boek

Boek 13	<p><b>Slaap en geheugen</b> – Welke rol speelt slaap bij het opslaan van nieuwe informatie in ons geheugen?</p> <p><b>Fantaserende dieren</b> – Waarom nemen dieren zo'n belangrijke plaats in in de menselijke verbeelding?</p> <p><b>Medicijn voor kinderen</b> – Hoe gaat de ontwikkeling van een hiv-medicijn voor kinderen in zijn werk? + didactisch hoofdstuk: <i>Perspectiefgericht onderwijs door dr. ir. Alma Kuijpers en prof. dr. ir. Fred Janssen</i></p>
Boek 12	<p><b>Koning</b> – Past de monarchie nog wel binnen een moderne democratie?</p> <p><b>Kinderen redden</b> – Waarom moesten kinderen in voormalig Nederlands-Indië 'gered' worden?</p> <p><b>Magnetische knopen</b> – Kunnen magnetische knopen helpen bij supersnelle energiezuinige dataopslag? + didactisch hoofdstuk: <i>Taal en W&amp;T - hoe combineer je dat?' door dr. Anna Hotze</i></p>
Boek 11	<p><b>Geloven</b> – Ontdek hoe religie mensen beïnvloedt in hun denken en doen, en hoe niet</p> <p><b>Neustussenschot</b> – Kan een neustussenschotcorrectie helpen om beter te ademen?</p> <p><b>Samenwerkende zintuigen</b> – Het raadsel van (automatisch) kleuren bij woorden en getallen zien + didactisch hoofdstuk: <i>'Klein beginnen met onderzoek' door Jos Marell</i></p>
Boek 10	<p><b>Levende cellen</b> – Wat maakt een cel een cel, en hoe zorg je dat namaakcellen blijven leven?</p> <p><b>Gedachte-experimenten</b> – Wat gedachte-experimenten ons kunnen leren</p> <p><b>Menselijke machines</b> – Wat is het verschil tussen menselijke en kunstmatige intelligentie? + didactisch hoofdstuk: <i>'Creatief denken stimuleren' door David van der Kooij en Femke van Os</i></p>
Boek 9	<p><b>Sport</b> – Wat is het effect van intensief sporten op de gezondheid van ons hart?</p> <p><b>Slimme computers</b> – Hoe kunstmatige intelligentie dokters kan helpen bij het stellen van een diagnose</p> <p><b>Automatisch gedrag</b> – Het nut van automatisch gedrag en hoe lastig het is om het te onderdrukken + didactisch hoofdstuk: <i>'Dialogische gesprekken voeren: Hoe doe je dat?' door dr. Chiel van der Veen</i></p>
Boek 8	<p><b>Kleding</b> – Wat zegt kleding over onze identiteit en welke impact heeft kleding op mens en milieu?</p> <p><b>Magneten</b> – Ontdek hoe magneten werken en welke invloed licht hierop heeft</p> <p><b>Protest</b> – Staken is besmettelijk: hoe werkt die beïnvloeding door anderen? + didactisch hoofdstuk: <i>'Vragen wat je echt wilt weten' door dr. Harry Stokhof</i></p>
Boek 7	<p><b>Malaria</b> – Hoe worden muggen door mensen besmet met malaria?</p> <p><b>Jheronimus Bosch</b> – Wat maakt deze schilder zo bijzonder?</p> <p><b>Geheugen</b> – Hoe kun je het best dingen onthouden? + didactisch hoofdstuk: <i>'Nieuwsgierig door observeren' door WKRU</i></p>
Boek 6	<p><b>Molecuulbotsingen</b> – Eigenschappen van botsende moleculen bij extreem lage temperaturen</p> <p><b>Stress</b> – Ontdek verschillende manieren waarop je op stress kunt reageren</p> <p><b>Taal der zintuigen</b> – De invloed van taal en cultuur op zintuigelijke waarnemingen + didactisch hoofdstuk: <i>'Begeleiden vanuit een groei mindset' door WKRU</i></p>

Boek 1 tot en met 5 zijn niet meer als fysiek exemplaar te bestellen. Deze edities zijn nog wel als digitale uitgave te raadplegen via [www.wetenschapdeklasin.nl](http://www.wetenschapdeklasin.nl).

### 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 © 2024 WKRU, met uitzondering van de foto's in Hoofdstuk 1, pagina 10 - 21. Deze foto's mogen wel worden gebruikt in een integrale kopie van minimaal twee pagina's.

### Hoofdstuk 1: Perspectieven

- Alle foto's en afbeeldingen in Hoofdstuk 1, © Universiteit Leiden, 2024 10-21

### Hoofdstuk 2: Slaap en geheugen

- Afbeelding van een steeg (links) en wandeling door de stad in iconen (midden en rechts) © Universiteit van Nederland 25
- Het menselijke brein met hippocampus, publiek domein 26
- HexMaze, CC BY-NC-SA 4.0 Lisa Genzel 27
- Verschillende soorten herinneringen, samengesteld uit: 29
  - Man op een BMX-fiets, CC BY-SA 3.0 Daniel Schwen (bron: Wikipedia)
  - Meisje op een slee, CC BY-NC-ND 2.0 Lee Simpson (bron: Flickr.com)
  - Wereldbol met Europa aangeduid, CC-BY-SA-3.0 Rob984 (bron: Wikimedia Commons)
  - Nederlandse vlag, CC BY-SA 4.0 Niks Langs (bron: Wikimedia Commons)
- EEG en hypnogram, Genzel et al., 2014 (aangepast) © Elsevier 29
- Grafiek chronotype, CC BY-NC-ND 4.0 Till Roennenberg 30
- Finger Tapping Task, CC BY-NC-SA 4.0 Martin Dresler 38
- Staafdiagram 'Ging naar bed', CC BY-NC-SA 4.0 WKRU 41

### Hoofdstuk 3: Fantaserende dieren

- Mens en dier, CC0 (bron: pxhere.com) 51
- Antropocentrisme, door Haeckel, 2009 (aangepast) (bron: Wikimedia Commons) 52
- Menselijke verbeelding van dieren, CC BY-NC-SA 4.0 Jimmy Israël 53
- Dromende hond, CC BY-NC-SA 4.0 Jimmy Israël 55
- Vogel gebroken vleugel, CC BY-NC 2.0 TexasEagle (bron: Flickr.com) 56
- Ogen, samengesteld uit: 57
  - Vlinder ogen op vleugels CC BY death-pengwin (bron: Deviantart)
  - Uilenogen, CC BY-SA 2.0 m.shattock (bron: Flickr.com)
  - Gloeiende ogen, CC BY-NC-SA 4.0 Jimmy Israël
- The imaginary of animals, © Routledge 58

#### Hoofdstuk 4: Medicijn voor kinderen

- Doorsnede van het hiv-virus, © Los Alamos National Laboratory 81  
(bron: Wikimedia Commons)  
*Unless otherwise indicated, this information has been authored by an employee or employees of the Los Alamos National Security, LLC (LANS), operator of the Los Alamos National Laboratory under Contract No. DE-AC52-06NA25396 with the U.S. Department of Energy. The U.S. Government has rights to use, reproduce, and distribute this information. The public may copy and use this information without charge, provided that this Notice and any statement of authorship are reproduced on all copies. Neither the Government nor LANS makes any warranty, express or implied, or assumes any liability or responsibility for the use of this information.*
- Verspreiding van hiv over de wereld, CC BY 4.0 UNAIDS (via World Bank) 82  
(bron: Ourworldindata.org)
- Zorgverlener geeft uitleg over hiv-medicijnen, 83  
CC BY-NC-SA 3.0 IGO WHO/SEARO/Gary Hampton (bron: World Health Organisation)
- Verschillende soorten doseervormen, CC BY 2.0 Marco Verch (bron: foto.wuestenigel.com) 84
- De vermenigvuldiging van hiv, © HIV i-Base (bron: i-Base.info) 88
- Moeder en kind bij hiv-medicijnen, 89  
CC BY-NC-SA 3.0 IGO DNDi/Scholars & Gentlemen (bron: World Health Organisation)
- Grafiek over de therapeutische breedte, samengesteld uit: 90  
-Grafiek, CC4.0 BY NC SA Hylke Waalewijn  
-Bloedbuisje, Flaticon licentie, Muhammad Waquas Khan (bron: Flaticon.com)

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

# Overzicht boekcovers 'Wetenschappelijke doorbraken de klas in!'

