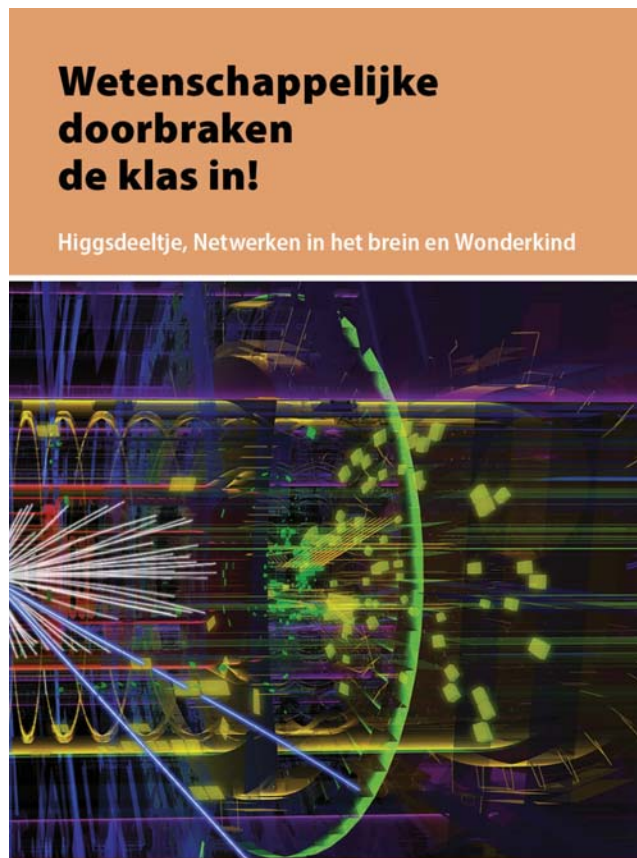


# Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Higgsdeeltje, Netwerken in het brein en Wonderkind

*Marieke Peeters, Jan van Baren-Nawrocka & Roald Verhoeff*

Hoofdstuk 4: Netwerken in het brein



Marieke Peeters, Jan van Baren-Nawrocka & Roald Verhoeff (redactie)



### **Colofon**

Redactie: dr. Marieke Peeters, drs. Jan van Baren-Nawrocka & dr. Roald Verhoeff

Opmaak: Ferdie Westen, Groesbeek

Druk en afwerking: Drukkerij Efficiënt Nijmegen

Cover afbeelding: Botsing Higgsdeeltje in ATLAS detector © 2014 CERN

**Eerste druk, mei 2015**

ISBN: 978-90-818461-3-4

NUR-code: 190

Wilt u een exemplaar bestellen?

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

### **Uitgave:**

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen

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)



© 2015 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen

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 licentievooraarden; zie foto- en illustratieverantwoording achterin dit boek (p. 178).**

## Hoofdstuk 4: Netwerken in het Brein

Dit hoofdstuk beschrijft het onderzoeksthema 'Netwerken in het brein'. Het bestaat uit twee delen. Paragraaf 4.1 gaat inhoudelijk in op de werking van het brein en de relatie met DNA. Ook laat het zien hoe het thema aan leerlingen kan worden uitgelegd, hoe onderzoekers er onderzoek naar hebben gedaan en waar meer informatie over het thema te vinden is. Deze paragraaf dient als inhoudelijke voorbereiding voor leraren die met dit thema aan de slag willen gaan. Paragraaf 4.2 beschrijft, aan de hand van de zeven stappen van het onderzoekend leren, hoe het project op drie niveaus (zie hoofdstuk 1) in de klas kan worden uitgevoerd. Hierbij vormt hoofdstuk 2, waarin de algemene handleiding van de zeven stappen is beschreven, de basis. Van daaruit wordt verwezen naar de verschillende inhoudelijke hoofdstukken. We raden dan ook aan om hoofdstuk 2 als uitgangspunt te nemen voor het uitvoeren van een project in de klas.

### 4.1 Netwerken in het brein

*Hans van Bokhoven (hoogleraar Moleculaire Neurogenetica), Arjan de Brouwer (universitair docent en onderzoeker Genetica). Beiden werken op de afdeling Genetica van het Radboudumc in Nijmegen.*

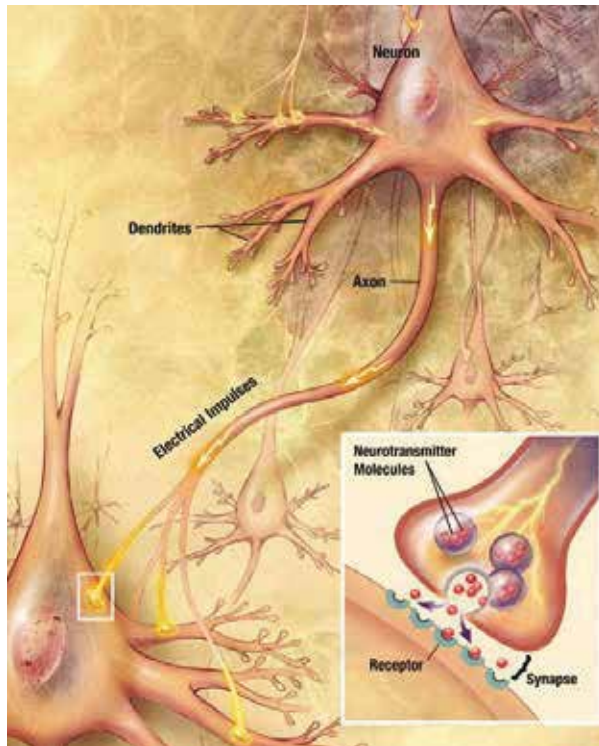
#### **Inleiding**

De hersenen zorgen ervoor dat we kunnen denken, bewegen en ademen. Bovendien vormt het brein als het ware de zetel voor ons geheugen en onze emoties. Bij een juiste werking van onze hersenen zijn wel zo'n 100 miljard (!) zenuwcellen betrokken. Denken, leren en onthouden zijn afhankelijk van een goede communicatie tussen deze cellen. Deze communicatie is haar beurt afhankelijk van de contactpunten die gemaakt worden tussen die cellen, de 'synapsen'. Hiervan zitten er in ons brein zo'n 100 biljoen (100.000.000.000.000). Een blauwdruk voor het maken van die contactpunten waarmee dat ingewikkelde netwerk wordt opgebouwd, is vastgelegd in ons erfelijk materiaal (DNA, genen). Fouten (mutaties) in dit DNA kunnen de bouw van dat netwerk en het functioneren van ons brein verstoren. Zo'n verstoring kan vervolgens leiden tot een verstandelijke beperking. Nederland telt ongeveer 300.000 kinderen en volwassenen met een verstandelijke beperking. Zij hebben een IQ lager dan 70 en kunnen niet goed voor zichzelf zorgen. Ze kunnen bijvoorbeeld niet zelfstandig wonen. Om mensen met een verstandelijke beperking zo goed mogelijk te kunnen helpen, wordt onderzocht hoe het komt dat ze deze aandoening hebben. Ons onderzoek is gericht op het verband tussen fouten in het DNA en verstoringen in het brein.

#### **Van DNA naar hersenen**

Het menselijk DNA, dat in iedere lichaamscel aanwezig is, bestaat uit circa 20.000 genen. Deze genen 'coderen voor eiwitten', dat wil zeggen, ze bevatten de informatie die nodig is om eiwitten te maken. We noemen dit 'coderen' omdat deze informatie in de vorm van een soort code is opgeslagen. Deze eiwitten vormen het gereedschap en de bouwstenen van de cel die ervoor zorgen dat de cellen in ons lichaam goed werken. Elk orgaan, zoals de hersenen, heeft weer andere cellen waarin specifieke eiwitten ervoor zorgen dat deze cellen goed functioneren. Zo is het voor hersencellen belangrijk dat zij op snelle en betrouwbare wijze informatie kunnen verwerken, opslaan en ook weer oproepen en doorgeven. Cellen in het hart hebben eiwitten nodig die maken dat de cellen zich regelmatig kunnen samentrekken. Een afwijking of 'mutatie' in een gen dat codeert voor een eiwit dat belangrijk is voor het goed functioneren van de hersencellen kan er toe leiden dat de hersenen niet meer goed werken. In ons onderzoek hebben we voor verschillende genen uitgezocht hoe het komt dat mensen met een mutatie in deze genen een verstandelijke beperking hebben. We ontdekten dat de mutaties in deze *verschillende* genen steeds *dezelfde* processen verstoren. Dit komt doordat de eiwitten waarvoor deze genen coderen samenwerken en er samen voor zorgen dat alles goed gaat in de hersenen. Verschillende processen kunnen daarbij verstoord raken:

1. de aanmaak van hersencellen (neurogenese);
2. de migratie van de cellen naar de goede plaats in de hersenen;
3. de werking van deze cellen;
4. het maken van contacten tussen de hersencellen (synaptogenese).



*Een afbeelding van goed werkende neuronen (hersencellen) en synapsen (de plek waar verbinding tussen de neuronen wordt gemaakt). Dit zijn processen die verstoord kunnen raken door een mutatie.*

### **Het onderzoek**

In ons onderzoek gaan we op zoek naar de oorzaken van erfelijke aandoeningen van het brein, waarbij een van de vier genoemde processen verstoord kan zijn. Dit erfelijkheids- of genetisch onderzoek is eigenlijk een speurtocht naar een naald in een hooiberg. We hebben daarbij gebruik gemaakt van een techniek waarmee in één stap de gedeeltes van het DNA die coderen voor de eiwitten geanalyseerd kunnen worden. Deze techniek heet 'exoomsequencing'. Voor dit onderzoek hebben we het DNA van ruim 150 patiënten bekeken.

De veranderingen die we met behulp van exoomsequencing vinden in het DNA van de patiënten vergelijken we met die in het DNA van gezonde mensen. De veranderingen die we alleen in het DNA van de patiënten vinden, zijn mogelijk mutaties die de verstandelijke beperking kunnen veroorzaken. Vervolgens gaan we in detail bekijken wat de patiënt precies heeft (de symptomen). Veel patiënten hebben niet alleen een verstandelijke beperking, maar ook andere symptomen, zoals zwakke spieren of terugkerende infecties, bijvoorbeeld een longontsteking. Ook onderzoeken we met behulp van een hersenscan (een MRI) hoe de hersenen in het hoofd van een patiënt eruit zien. Bij een MRI worden met een sterke magneet foto's gemaakt van de binnenkant van het hoofd, waardoor we afwijkingen in de grootte of in de bouw van de verschillende onderdelen van de hersenen kunnen zien. De hersenschors kan bijvoorbeeld minder of juist méér windingen hebben (zie afbeelding). Omdat dit deel van de hersenen betrokken is bij de hogere hersenfuncties, zoals nadenken, zullen mensen met een verkeerd gevormde hersenschors minder intelligent zijn.



*Een MRI-plaatje van een twee-jarig jongetje met een verstandelijke beperking. Normaal zouden er hersenwindingen te zien moeten zijn, maar bij dit jongetje is de oppervlakte van de hersenschors grotendeels vlak.*

Met een MRI-scan kunnen we echter alleen grove afwijkingen zien. We kunnen niet zien wat er mis is *binnenin* de miljarden cellen waaruit de hersenen zijn opgebouwd. Om uit te zoeken wat mutaties met deze cellen doen, maken we gebruik van dieren, zoals muizen, zebrafissen of fruitvliegjes. Natuurlijk zien de hersenen van deze dieren er wat anders uit dan die van ons, maar ze werken wel op dezelfde manier. Als we dus bij een mens een mutatie hebben gevonden in een specifiek gen gaan we op zoek naar datzelfde gen in een van de proefdieren. Vervolgens veranderen we datzelfde gen in het dier en bekijken dan uitvoerig wat er gebeurt in de hersencellen. Dat doen we bijvoorbeeld door de hersenen in kleine stukjes snijden en die te bekijken onder een microscoop. Op deze manier zoeken we uit of en hoe de mutaties leiden tot de verstandelijke beperking.

### ***Van onderzoek naar diagnose en behandeling***

Met dit onderzoek hebben we mutaties gevonden in meerdere genen die coderen voor eiwitten betrokken bij een van de vier genoemde biologische processen. Deze factoren verklaren waarom een patiënt een verstandelijke beperking heeft (diagnose) en leggen ook de biologische processen bloot die betrokken zijn bij de ontwikkeling en werking van de hersenen. We weten daardoor beter hoe de aandoening zal verlopen (prognose) en kunnen daar het behandelplan van een patiënt op aanpassen (zorg op maat). Heel soms kunnen patiënten met een specifieke aandoening zelfs medicatie krijgen die ervoor zorgt dat de verstandelijke beperking niet erger wordt of waarmee bepaalde symptomen, zoals terugkerende infecties, aangepakt kunnen worden. Helaas zijn er op dit moment nog geen therapieën waarmee een verstandelijke beperking kan worden opgeheven. Het zal altijd lastig blijven om een mutatie te herstellen in alle cellen van de hersenen. Echter, door onderzoek te doen naar de effecten van mutaties en naar de biologische processen die daardoor verstoord raken bij een patiënt, hopen we te ontdekken hoe we sommige ziektekenmerken in de toekomst kunnen verbeteren. Een mogelijke strategie is het verhogen van de activiteit van een niet-gemuteerde kopie van het gen dat betrokken is bij de verstandelijke beperking, waardoor er op celniveau weer een 'normale' situatie ontstaat.

- Hans van Bokhoven heeft tijdens de WKRU Winterschool in 2014 een lezing gegeven over netwerken in het brein. Deze lezing is te bekijken op de website [www.wetenschapdeklasin.nl](http://www.wetenschapdeklasin.nl).



**Prof. dr. Hans van Bokhoven**

Hans van Bokhoven is hoogleraar Moleculaire Neurogenetica in het Radboud Universitair Medisch Centrum (Radboudumc) in Nijmegen. Zijn onderzoek richt zich op de werking van de hersenen. De blauwdruk van dit complexe orgaan is vastgelegd in ons genoom en de dragers van de instructies, de genen. Gezien de complexiteit van de hersenen is het niet verwonderlijk dat mutaties in vele honderden en wellicht duizenden genen kunnen leiden tot aangeboren aandoeningen van het brein, zoals verstandelijke beperkingen en autisme. Door het opsporen van de verschillende genetische fouten bij zulke patiënten probeert Hans van Bokhoven de genen te vinden die belangrijk zijn voor een goede ontwikkeling en een goed functioneren van de hersenen. Deze kennis is niet alleen belangrijk voor de diagnostiek en medische zorg die aan patiënten en hun families kan worden geboden, maar levert ook belangrijke inzichten op in de moleculaire en cellulaire netwerken waarin de corresponderende genproducten samenwerken. Vervolgonderzoek is erop gericht om ook die netwerken verder te ontrafelen. Eén van de speerpunten daarbij zijn de epigenetische controlemechanismen voor genexpressie, die niet alleen belangrijk zijn voor de vorming van de neuronale netwerken, maar ook voor basale processen van leren en geheugen. In dit onderzoek worden innovatieve ‘whole-genome’ moleculair en celbiologische technieken ingezet en wordt gebruikgemaakt van verschillende diermodellen, waaronder het fruitvliegje *Drosophila melanogaster*. Op de langere termijn zal de opgedane kennis van de verstoorde moleculaire netwerken nieuwe kansen bieden voor therapie.



**dr. Arjan P.M. de Brouwer**

Arjan de Brouwer is universitair docent en onderzoeker bij de afdeling Genetica van het Radboudumc in Nijmegen. Al meer dan tien jaar doet hij onderzoek naar de gevolgen van DNA-mutaties voor de ontwikkeling en functie van het brein. Arjan Brouwer doet graag onderzoek; van kinds af aan vond hij het al leuk om puzzels op te lossen. Als onderzoeker is hij eigenlijk ook steeds bezig om puzzels op te lossen. Voor een geneticus vormen de hersenen een uitdagende puzzel. Het is het meeste complexe orgaan van het lichaam en het is bijzonder gevoelig voor genetische fouten. Meer dan 10% van alle genen (ruim 2000) is betrokken bij de juiste werking van de hersenen en een foutje in een van die genen kan al leiden tot een verstandelijke beperking. Een enorme puzzel dus en je weet nooit wat je bij een patiënt zult aantreffen. Arjan de Brouwer vindt het belangrijk om mensen te helpen. Door het vinden van deze fouten hoopt hij patiënten en hun families te kunnen helpen door te laten zien wat er niet goed ging en daar een behandelplan op af te stemmen.



## Geheugenherstel in een verstandelijk gehandicapte fruitvlieg<sup>1</sup>

Datum bericht: 7 januari 2011

*Een erfelijke verstandelijke handicap bij een volwassen fruitvlieg is nog op te heffen. Dat schrijven onderzoekers van de afdeling Antropogenetica van het Radboudumc deze week online in PLoS Biology. Uit onderzoek blijkt dat niet alle verstandelijke handicaps chronisch en onveranderlijk zijn. Dat biedt nieuwe perspectieven voor een toekomstige therapie.*

Een mens is geen muis, laat staan een fruitvlieg (*Drosophila*). Kijk je echter naar hun genen, dan lijken mens, muis en fruitvlieg wel heel sterk op elkaar. Ook voor ingewikkelde processen zoals leren en herinneren gebruiken mens, muis en fruitvlieg vrijwel allemaal dezelfde genen. Wie meer wil weten over leer- en geheugenproblemen bij de mens kan dus ook de fruitvlieg onderzoeken. Dat is precies wat de onderzoeksgroep van dr. Annette Schenck in het Radboudumc doet.

### Ingepakte genen

Om te controleren of die aanpak ook echt werkt, hebben Schenck en collega's goed gekeken naar de gevolgen van een foutje in het EHMT-gen. Zo'n foutje (mutatie) leidt bij de mens onder andere tot leerproblemen en verstandelijke handicaps. Dit werd in 2006 ontdekt door dr. Tjitske Kleefstra en prof. dr. Hans van Bokhoven, genetici in het Radboudumc. Sinds 2010 wordt dit syndroom daarom officieel het 'Kleefstra-syndroom' genoemd.

Van Bokhoven: 'EHMT speelt een rol in de verpakking van diverse andere genen. Die verpakking is erg belangrijk. Of genen actief kunnen worden of niet, ligt voor een belangrijk deel aan hun verpakking. Door mutaties in het EHMT-gen wordt een aantal genen niet meer op de juiste manier ingepakt, waardoor die genen worden uitgeschakeld, terwijl ze juist actief zouden moeten zijn.' Om inzicht te krijgen in de processen die mis gaan bij het verpakken van het DNA en het effect daarvan op de werking van de hersenen hebben Schenck en Van Bokhoven hun krachten gebundeld.

### Flirtende fruitvlieg

Samen met Schenck en Van Bokhoven onderzocht dr. Jamie Kramer, moleculair geneticus in het Radboudumc, de effecten van dergelijke EHMT-mutaties bij fruitvliegen. 'Op het eerste gezicht is er niets aan de hand', zegt Kramer. 'Ze bewegen normaal en reageren goed op licht en donker. Maar als je de hogere cognitieve functies test, zoals leren en geheugen, dan vertonen fruitvliegen óók problemen.' Dat blijkt bijvoorbeeld uit een lichttest. Doe je het licht uit, dan springt de fruitvlieg op. Schakel je het licht vaak achter elkaar aan en uit, dan stopt de fruitvlieg met springen. Hij past zich aan. De gemuteerde fruitvliegen blijven echter gewoon doorspringen. Ze zijn hardleers en passen hun gedrag niet aan.

Ook bij het paringsgedrag vertonen ze afwijkingen. Kramer: 'Zet je een mannelijke fruitvlieg voor het eerst bij een vrouwtje, dan begint hij meteen te flirten. Heeft een vrouwtje al gepaard, dan wijst ze de toenaderingen resoluut af. Na enige tijd heeft het mannetje dat in de gaten en hij vermindert zijn paarpogingen. Hij houdt die teleurstellende ervaring zeker een week lang in zijn geheugen vast, wat is af te lezen aan zijn verdere gedrag. Ook nu blijken de gemuteerde fruitvliegen hardleers. Ze passen hun gedrag niet aan, leren niets van de situatie en slaan de ervaring niet op.'



**Handicap opgeheven**

Op genetisch niveau zijn verstandelijke handicaps dus ook in de fruitvlieg goed te bestuderen. Gevonden resultaten in dit modelsysteem kunnen daarna worden getoetst in de muis en de mens. In een artikel in PLoS Biology illustreren de onderzoekers de kracht van deze aanpak. Schenck: 'Kramer heeft het EHMT-gen in fruitvliegen niet alleen uitgeschakeld zodat er geheugenproblemen ontstaan, maar dit gen in volwassen fruitvliegen daarna ook weer aangezet. Dan zien we dat de geheugenproblemen weer verdwijnen! Lange tijd hebben onderzoekers gedacht dat verstandelijke handicaps altijd het gevolg zijn van een ontwikkelingsstoornis waaraan je niets meer kunt veranderen. Bij de fruitvlieg blijkt het in dit geval wél mogelijk. De consequenties voor de mens moeten we nog verder uitzoeken, maar het biedt interessante perspectieven voor de ontwikkeling van nieuwe therapieën.'

**'Directeur leren en geheugen'**

Waar de onderzoekers inmiddels al veel meer zicht op hebben, is hoe de verstandelijke handicap in de fruitvlieg door mutaties in het EHMT-gen precies ontstaat. EHMT bemoeit zich met de manier waarop genen worden verpakt. In samenwerking met andere Nijmeegse en internationale onderzoekers ontdekten ze dat EHMT een soort 'verpakkingsdirecteur' is: een die vooral leiding geeft aan het verpakken van genen die zich met leren en geheugen bezighouden. Via de verpakking controleert EHMT namelijk meer dan twee derde van alle bekende genen in de fruitvlieg die een rol spelen bij geheugen en herinnering.

Het artikel in PLoS Biology laat zien dat leer- en geheugenprocessen in de fruitvlieg heel goed vertaalbaar zijn naar hogere organismen, zoals de muis en de mens. De fruitvlieg is dus een zeer bruikbaar modelorganisme, waarmee de onderliggende moleculaire en cellulaire mechanismen van verstandelijke handicaps uitstekend zijn bloot te leggen.

**Grootschalig onderzoek**

Schenck: 'Op basis van dit succes doet mijn onderzoeksgroep nu grootschalig fruitvliegonderzoek naar meer dan driehonderd genen die betrokken zijn bij aangeboren aandoeningen met verstandelijke handicaps bij de mens. Het huidige succes illustreert duidelijk waarom dit fruitvliegonderzoek zo goed past binnen de afdeling Antropogenetica van het Radboudumc. We kunnen hier het probleem 'verstandelijke handicap' vanuit verschillende invalshoeken onderzoeken: in de mens, in diermodellen, in cellen en op moleculair niveau. Dit multidisciplinaire onderzoek vormt ook de basis voor Gencodys, een groot internationaal onderzoeksprogramma naar genen voor verstandelijke handicaps en hun 'verpakking' dat wordt geleid door mijn collega Hans van Bokhoven.'

Bron: <http://www.ru.nl/@795110/geheugenherstel>

### **Hoe leg je Netwerken in het brein aan de leerlingen uit?**

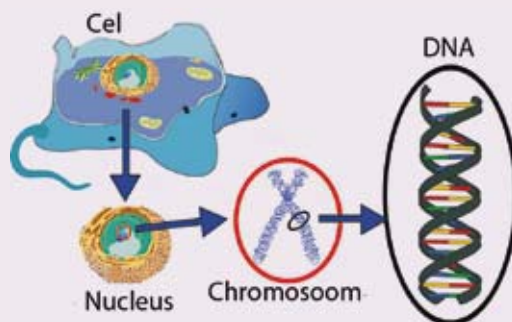
In de kadertekstens hieronder worden de belangrijkste begrippen nog eens uitgelegd, maar nu eenvoudiger. Deze uitleg kan gebruikt worden om het verhaal over 'netwerken in het brein' goed over te brengen aan de leerlingen. De leraar kan de teksten gebruiken bij zijn of haar eigen uitleg of de leerlingen lezen de teksten zelf.

### DNA, chromosomen en genen

Ons lichaam bestaat uit kleine cellen die je niet met het blote oog kunt zien, je ziet ze alleen onder een microscoop. De cellen zijn zo klein dat als je er honderd op elkaar stapelt je ongeveer de dikte van een bankbiljet hebt. In elke cel zit een kern: een apart deel van de cel dat door een membraan, een soort vliesje, gescheiden is van de rest van de cel. In die kern ligt het DNA, de drager van ons erfelijk materiaal. Het DNA bevat informatie over de eigenschappen van ons lichaam en wordt via de ouders doorgegeven aan hun kinderen. Dat betekent dat als de ouders allebei blauwe ogen hebben, hun kinderen waarschijnlijk ook blauwe ogen zullen hebben. Het DNA in de lichaamscellen is onderverdeeld in 46 'draadjes', de chromosomen (zie afbeelding). Deze chromosomen bestaan uit vier bouwstenen: de nucleotiden A, C, T, en G (zie afbeelding). Het DNA in de lichaamscellen bestaat uit wel zes miljard van deze nucleotiden. De zaad- en eicellen vormen echter een uitzondering. Daarin zitten niet 46, maar 23 chromosomen, zodat als deze cellen tijdens de bevruchting samensmelten er opnieuw een cel met 46 chromosomen ontstaat. Daaruit komt na heel veel celdelingen weer een mens voort. De stukjes van de chromosomen die de informatie bevatten die nodig is om eiwitten te maken, noemen we de genen. De eiwitten zijn als het ware de gereedschappen en bouwstenen van de cel. Ze zorgen ervoor dat de cellen hun werk kunnen doen. En dat is weer nodig om de organen, zoals de hersenen, goed te laten werken.



*Een overzicht van alle 46 chromosomen van een man, ook wel karyogram genoemd.*



*Chromosomen zitten in de kern van een cel. Elk chromosoom bestaat uit een lange dubbel-gevouwen draad (de dubbele helix). Deze draad is opgebouwd uit vier verschillende basen (ook wel nucleotiden genoemd), afgekort A, T, G en C. Zij vormen paren (A-T en G-C), waardoor de dubbele helix structuur ontstaat.*

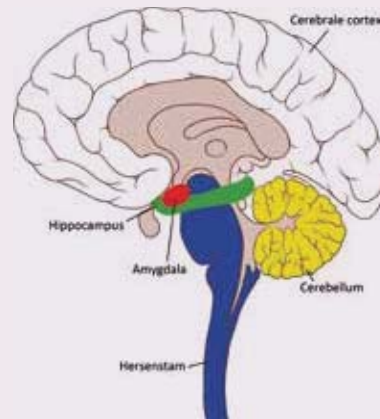
### Mutatie

Een mutatie is een verandering van één of meerdere bouwstenen (nucleotiden) in het DNA. Bij een enkele verandering kan een A bijvoorbeeld veranderd zijn in een T. Maar het komt ook voor dat er bouwstenen weg zijn of dat er extra bouwstenen zijn toegevoegd. Ook kan er een heel chromosoom extra zijn, zoals het geval is bij kinderen met het syndroom van Down. Zij hebben drie chromosomen 21 in plaats van de ‘normale’ twee, waardoor er teveel eiwit wordt gemaakt. Dit leidt vervolgens tot problemen met de werking van de hersenen.

Mutaties in het DNA ontstaan meestal per toeval. In het lichaam worden nieuwe cellen gemaakt door celdeling. Om van één cel twee cellen te maken, moeten alle onderdelen van de cel verdubbeld worden. Dit proces begint met het verdubbelen van het DNA dat zich in de kern van iedere cel bevindt. Het DNA moet hiervoor gekopieerd worden. Soms wordt daarbij een fout gemaakt. Zo'n kopieerfout noemen we een ‘mutatie’. Mutaties kunnen ook ontstaan doordat cellen worden blootgesteld aan kosmische straling, zoals zonnestralen, of gevaarlijke chemicaliën.

### Bouw van de hersenen

De hersenen zorgen ervoor dat we kunnen denken, onthouden, bewegen, ademen en emoties voelen. Elk van deze functies wordt geregeld door een bepaald gebied in de hersenen (zie tabel 1). Het grootste en meest opvallende gebied is de hersenschors of cerebrale cortex. In dit gebied wordt informatie uit de rest van het lichaam ontvangen, geanalyseerd en geïnterpreteerd en vervolgens omgezet in gedachten (taal, beelden) en concrete aansturingen van het lichaam (spreken en handelen). Andere belangrijke hersengebieden zijn het cerebellum (of kleine hersenen), de hippocampus, de amygdala en de hersenstam.

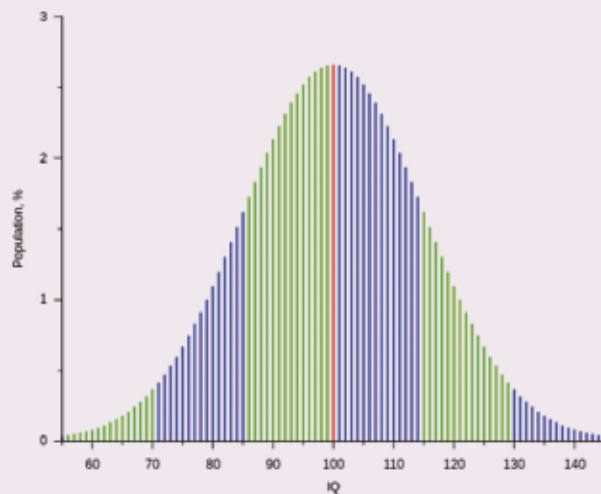


Tabel 1. Belangrijke hersengebieden en hun functie

Hersengebied	Functie
Cerebrale cortex	Hogere hersenfuncties, zoals abstract denken
Cerebellum	Bewegingscoördinatie
Hippocampus	Geheugen
Amygdala	Emoties
Hersenstam	Autonome hersenfuncties, zoals ademen en het regelen van de hartslag

### Intelligentie

Intelligentie wordt bij mensen gemeten door middel van een IQ-test, zoals de Wechsler Intelligence Scale for Children, de WISC-test. Bij een IQ-test wordt gekeken naar het verbale vermogen (onder andere het verbale geheugen en de woordenschat) en naar de performale prestaties (zoals ruimtelijk inzicht). Ook de tijd die iemand nodig heeft om de test te doen speelt mee bij het bepalen van de IQ-score. Er kan een score van 0 tot 200 worden behaald. Het gemiddelde is altijd 100 (zie afbeelding). Bijna alle mensen (95%) hebben een IQ tussen de 70 en 130. Slechts 2,5% heeft een IQ hoger dan 130 (hoogbegaafd) of lager dan 70 (verstandelijk beperkt).



*De IQ-distributie curve voor een grote groep mensen.*

### Verstandelijke beperking

Kinderen en volwassenen met een verstandelijke beperking hebben een IQ lager dan 70 en kunnen niet goed voor zichzelf zorgen; ze kunnen bijvoorbeeld niet zelfstandig wonen. We spreken alleen van een verstandelijke beperking als iemand dit lage IQ al heeft voordat hij of zij 18 jaar is. Een laag IQ kan immers ook op latere leeftijd ontstaan, bijvoorbeeld door het drinken van teveel alcohol of door de ziekte van Alzheimer.

### Nieuwe mutaties en verstandelijke beperkingen

Een van de meest voorkomende oorzaken van een verstandelijke beperking is een kopieerfout in het DNA. Zo'n kopieerfout noemen we een mutatie. Mutaties kunnen van generatie op generatie worden doorgegeven. Maar bij een bevruchting kunnen ook nieuwe mutaties ontstaan, dat wil zeggen mutaties die niet al bij de ouders aanwezig waren. Meestal hebben deze mutaties weinig of geen gevolgen, maar heel soms leiden ze tot een verstandelijke beperking. Ook een mutatie op een plek die kan leiden tot een verstandelijke beperking hoeft niet altijd daadwerkelijk een verstandelijke beperking te veroorzaken. We hebben namelijk van elk gen twee kopieën en vaak is één kopie zonder mutatie al voldoende om genoeg goed eiwit te maken. Daardoor kan het gebeuren dat een mutatie wel via de ouders is overgebracht (en dus niet nieuw is) zonder dat de ouders verstandelijk beperkt zijn. In dat geval hadden de ouders slechts één verkeerde genkopie en was de goede genkopie voldoende om goede eiwitten aan te maken. Hun kind kan dan echter wel een verstandelijk beperking hebben, omdat het twee verkeerde genkopieën heeft (van beide ouders één). Bij het kind was er dus geen genkopie over waarmee goede eiwitten konden worden gemaakt. In ons onderzoek zijn we op zoek naar mutaties die leiden tot een verstandelijke beperking.

#### Onderzoek naar netwerken in het brein

In deze paragraaf vertellen we meer over het onderzoek dat wij, onderzoekers, doen naar netwerken in het brein. We onderzoeken welke genen betrokken zijn bij netwerken in het brein. In onderstaand overzicht lees je meer over hoe we dat onderzoek uitvoeren.

<b>Onderzoeksvraag</b>	Welke genen zijn betrokken bij het ontstaan van een verstandelijke beperking?
<b>Methode</b> <b>Hoe doen we dit onderzoek? Bij wie?</b>	Eerst verzamelen we families met één of meerdere kinderen met een verstandelijke beperking. Vervolgens onderzoeken we het exoom (het gedeelte van het DNA dat codeert voor eiwitten) van de kinderen op fouten. Zodra we een mogelijke fout gevonden hebben, gaan we kijken of het gen waarin deze fout is gevonden te maken heeft met de werking van de hersenen. Hiervoor gebruiken we dieren, zoals fruitvliegjes of muizen. We zorgen dan dat het gen geen eiwit meer maakt en kijken wat er dan fout gaat met de hersenen in deze dieren.
<b>Resultaten of verwachtingen</b>	We verwachten nieuwe genen te vinden die betrokken zijn bij verstandelijke beperkingen.
<b>Wat betekenen deze resultaten voor de maatschappij, voor de toekomst en voor de kinderen?</b>	Dankzij het onderzoek kunnen we erfelijkheidsadvies geven aan de betreffende families. Hierbij praten we met de ouders van een kind met een verstandelijke beperking over de kans dat ook een volgend kind gehandicapt zou kunnen zijn en over de mogelijkheden die er zijn om hier wat aan te doen. Ook kunnen we de ouders vertellen hoe de ziekte zich in de toekomst verder zal ontwikkelen, zodat er zorg op maat kan worden geboden aan de patiënten.
<b>Wat willen we verder nog te weten komen?</b>	Wat is de bijdrage van de gevonden genen aan de ontwikkeling en werking van het brein?

### ***Verder kijken en lezen over het brein en DNA***

- Hersenstichting Nederland (link naar 'alles over de hersenen'): <https://www.hersenstichting.nl>.
- Neurowetenschappen, hersenen en gedrag (met links): <http://www.phegi.com/neuroframe.html>.
- Erfelijkheidscentrum: [http://www.cjgveldhoven.nl/showsite.asp?map\\_id=544278&title=Erfelijkheid](http://www.cjgveldhoven.nl/showsite.asp?map_id=544278&title=Erfelijkheid).
- Gezond, hersenen en gedrag: <http://www.kennislink.nl/gezondheid-hersenen-gedrag>.
- Hersenanatomie (wat moeilijker): <http://www.nxdomain.nl/~anja/brains/hersenen.html>.
- Filmpje: [http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20110106\\_hersenen01](http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20110106_hersenen01).
- De schedel (grappig): [http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20021104\\_geraamte12](http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20021104_geraamte12).
- Autisme: [http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20100609\\_autisme01](http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20100609_autisme01).
- Autisme (2): [http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20030917\\_autisme01](http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20030917_autisme01).
- Asperger: [http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20130814\\_autisme01](http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20130814_autisme01).
- Wat voel ik? (eenvoudig): [http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20031204\\_voelen03](http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20031204_voelen03).
- Andere voorbeelden op schooltelevisie: <http://www.schooltv.nl/beeldbank/zoek/?q=hersenen&offset=0&max=80>.
- 'Oei, ik groei' (eenvoudig): <http://www.oeiikgroei.nl/zwanger-abc-oei-ik-groei/zwanger-abc-d/dna-zwanger-abc-%E2%80%93-oeiikgroei-nl/>.

## 4.2 Netwerken in het brein de klas in!

*Montessorischool De Binnenstad, Arnhem: Gertjan Goeree (leraar)*

*De Roncallischool, Velp: Remco Ulrich (leraar), Esther van Dalen (opleider in de school)*

*Met bijdragen van:*

*De Roncallischool, Velp: Bianca Laagland (leraar)*

*HAN Pabo, Arnhem: Mathijs Zwanenburg (student/stagair Roncallischool), Jill Gagliardi (student/stagaire Roncallischool)*

In deze paragraaf beschrijven we hoe je als leraar in je klas een project onderzoekend leren kunt opzetten met als thema 'Netwerken in het Brein'. Bij elke stap van het onderzoekend leren geven we activiteiten, praktische tips en suggesties. We doen dat op de drie niveaus van onderzoekend leren, zoals beschreven in Hoofdstuk 1. De beschrijvingen in deze paragraaf zijn gebaseerd op de ervaringen van Montessorischool De Binnenstad in Arnhem en de Roncallischool in Velp.

### **Kerdoelen**

De volgende kerndoelen komen aan bod bij dit project:

#### *Mondeling taalonderwijs*

- 1 De leerlingen leren informatie te verwerven uit gesproken taal. Ze leren tevens die informatie, mondeling of schriftelijk, gestructureerd weer te geven.
- 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.

#### *Schriftelijk taalonderwijs*

- 4 De leerlingen leren informatie te achterhalen in informatieve en instructieve teksten, waaronder schema's, tabellen en digitale bronnen.
- 8 De leerlingen leren informatie en meningen te ordenen bij het schrijven van een brief, een verslag, een formulier of een werkstuk. Zij besteden daarbij aandacht aan zinsbouw, correcte spelling, een leesbaar handschrift, bladspiegel, eventueel beeldende elementen en kleur.
- 9 De leerlingen krijgen plezier in het lezen en schrijven van voor hen bestemde verhalen, gedichten en informatieve teksten.

#### *Oriëntatie op jezelf en de wereld*

- 34 De leerlingen leren zorg te dragen voor de lichamelijke en psychische gezondheid van henzelf en anderen.
- 37 De leerlingen leren zich te gedragen vanuit respect voor algemeen aanvaarde normen en waarden.
- 41 De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.

#### *Kunstzinnige oriëntatie*

- 54 De leerlingen leren beelden, muziek, taal, spel en beweging te gebruiken, om er gevoelens en ervaringen mee uit te drukken en om er mee te communiceren.



### Doelen van het project

Een belangrijk doel van dit project is dat leerlingen zich ontwikkelen op verschillende intelligentiegebieden. Het project biedt mogelijkheden tot ontwikkeling op zeven van de acht intelligentiegebieden van Howard Gardner:

- **Verbaal-linguïstische intelligentie**, door de onderdelen waarbij de leerlingen moeten schrijven en lezen;
- **Logisch-mathematische intelligentie**, vooral in het verwerken van data, maar ook bij het doorlopen van de zeven stappen van het onderzoeksplan, waarbij rekening wordt gehouden met de uitkomsten;
- **Visueel-ruimtelijke intelligentie**, bij het vormgeven van een presentatie, vooral als dat door middel van een poster gebeurt;
- **Lichamelijk-kinesthetische intelligentie**, zowel bij het maken van posters als bij het uitvoeren van bepaalde onderzoekjes (als onderzoeker of als proefpersoon) en in de performance van de presentaties, vooral als dat gebeurt door middel van een toneelstukje.
- **Naturalistische intelligentie** waarbij dieren en planten verzamelen en ordenen en natuurverschijnselen op de voorgrond treden;
- **Interpersoonlijke intelligentie**, in het samenwerken met groepjes, maar ook in het omgaan met proefpersonen;
- **Intrapersoonlijke intelligentie**, in het reflecteren op de eigen ervaringen, vaardigheden en voorkeuren tijdens het project.

### Specifieke doelen van het project

#### *Cognitieve doelen*

- De leerlingen leren over de verschillende gebieden in het brein en de functies die deze gebieden hebben;
- De leerlingen leren over genen en DNA en wat het verband is met het functioneren van het brein.

#### *Vaardigheidsdoelen*

- De leerlingen leren een goed onderzoek neer te zetten en uit te voeren volgens de zeven stappen van het onderzoekend leren;
- De leerlingen leren een goede onderzoeksvraag te formuleren;
- De leerlingen leren te plannen:
  - ze leren procesmatig en stapsgewijs te denken;
  - ze leren rekening te houden met de tijd van henzelf en anderen.

#### *Samenwerkingsdoelen*

- De leerlingen leren samen te werken in groepjes met een grote mate van zelfstandigheid;
- De leerlingen leren vergaderen en tot gezamenlijke besluiten te komen.

#### *Affectieve doelen*

- De leerlingen werken aan een onderzoekend leerhouding.



## Stap 1. Introductie

Tijdens de introductiefase komen de leerlingen voor het eerst in aanraking met het thema van een project. Het doel is om hen te prikkelen en nieuwsgierig te maken naar het thema.

1 2 3

Op beide deelnemende scholen deden alle bovenbouwklassen mee aan het project. Daarom is de introductie op beide scholen gestart met een gezamenlijke activiteit voor alle klassen. Hieronder zijn deze twee activiteiten beschreven. De leraren kunnen een van deze activiteiten kiezen of ze gebruiken ter inspiratie voor een eigen activiteit.

### ACTIVITEIT 1: KENNISMAKING MET DE HERSENEN EN MET EEN MINDMAP

#### Doelen

De leerlingen maken kennis met het onderwerp 'Netwerken in het brein' en met de verschillende hersengebieden.

#### Werkvorm

Een plenaire bijeenkomst voor alle klassen van de bovenbouw; enkele leerlingen worden naar voren gehaald.

Afsluiting individueel in de eigen klas.

#### De activiteit zelf

##### Vorbereiding en benodigdheden

- Een print van de hersengebieden op groot formaat (online bijlage [📄](#));
- Een groot formaat mikado-spel;
- Een willekeurige getallenreeks (kan ter plekke worden bedacht);
- Mensa (IQ) puzzels vergroot geprint op verschillende niveaus (afhankelijk van de deelnemende klassen);
- Iets om te proeven.

**Duur: activiteit 20 minuten, afsluiting 30 minuten**

#### Inleiding/ oriëntatie

Om te beginnen noemt de leraar een willekeurige getallenreeks. De leerlingen worden gevraagd deze te onthouden. Hierna volgt het toneelstukje. Aan de hand van de prints van de hersengebieden worden de verschillende gebieden en hun functies benoemd.

#### Activiteit

Per hersengebied wordt een activiteit gedaan, waarbij het hersengebied en de hersenfunctie worden benoemd. Bij sommige activiteiten worden enkele leerlingen gevraagd om te assisteren (aangegeven met\*). Door middel van de activiteiten maken de leerlingen kennis met de verschillende hersengebieden. De bijbehorende activiteiten staan genoemd in onderstaande tabel.

## Netwerken in het Brein

Tabel 1. Activiteiten bij de hersenfuncties en hersengebieden.

Activiteit	Hersenfunctie	Hersengebied
Onthouden van een getallenreeks (is bij de start door de leraar genoemd; aan het eind wordt deze teruggevraagd.)	Geheugen	Hippocampus
Geblinddoekt iets proeven*: voor sommigen is dit eng of spannend, anderen voelen juist opwinding.	Emotie/voelen	Amygdala
Mikado*: je moet heel precies bewegen om een stokje te pakken te krijgen.	Bewegen/motoriek	Cerebellum
Breinpuzzel oplossen: dat gaat niet vanzelf, je voelt je hersenen als het ware kraken.	Denken	Cortex
Doorgeven van een moeilijk woord*: ook in de hersenstam wordt informatie doorgegeven tussen verschillende delen (cellen). Ook daar kan het fout gaan.	Aansturen van verschillende activiteiten tussen hersendelen	Hersenstam

### Afronding

Ter afronding wordt in de klas de *mindmap* geïntroduceerd. Aan de hand van een voorbeeld wordt uitgelegd hoe de leerlingen zelf een mindmap kunnen maken. Tijdens deze les maken de kinderen daar een begin mee. In de loop van het project wordt de mindmap steeds verder aangevuld.

### Tips

Bij deze activiteiten komt wel het een en ander kijken. Bereid ze dus ruim van tevoren goed voor en zorg dat ook alle betrokken collega's enige kennis hebben van de hersengebieden. De mindmaps kunnen op papier gemaakt worden of op de computer. Zie *Bronnen* voor suggesties voor gratis software.

### Online bijlagen

- Doorsnede van de hersenen met hersengebieden

### Bronnen

Suggesties voor gratis mindmap-software zijn te vinden bij:

<http://lifehacker.com/five-best-mind-mapping-tools-476534555>.

Algemene informatie over mindmappen is te vinden bij: [www.leraar24.nl/dossier/757/mindmappen](http://www.leraar24.nl/dossier/757/mindmappen).

ACTIVITEIT 2: ONDERZOEKSVRAGEN BEDENKEN

**Doelen**

De leerlingen worden geprikkeld en nieuwsgierig gemaakt naar het nieuwe project.

**Werkvorm**

Schoolviering, centraal met de hele school  
Afronding klassikaal per klas

**De activiteit zelf**

**Vorbereiding en benodigheden**

Ter voorbereiding gaat het team een toneelstuk schrijven en instuderen over hoe je een onderzoeksvraag moet bedenken. De leerlingen ervaren zo op speelse wijze dat ons leven vol zit met vragen en dat je veel van die vragen ook echt kunt onderzoeken. Om de voorbereidingstijd enigszins te beperken wordt het toneelstuk grotendeels geïmproviseerd uitgevoerd. De voorbeelden die worden gegeven sluiten aan bij het thema.

**Duur: voorbereiding 60 minuten, uitvoering 30 minuten**

**Activiteit**

Op het toneel worden situaties in de klas nagespeeld. De (nagespeelde) leerlingen komen al vragen stellend het klaslokaal binnen. De leraar, die later binnenkomt, bespreekt dan met de leerlingen welke vragen je kunt onderzoeken en hoe. Zo is de vraag 'Kun je plaatjes goed onthouden?' geen goede onderzoeksvraag, maar als je hem verandert in 'Kunnen leerlingen beter plaatjes of woorden onthouden?', ontstaat er wel een onderzoekbare vraag.

**Afronding**

In de klas wordt nagepraat over de viering en de onderzoeksvragen. Kunnen de leerlingen al een goede onderzoeksvraag bedenken?

**Tips**

Verdieping van het thema (zie paragraaf 4.1) en van de onderzoeksvragen (zie ook *Bronnen*) door de leraren die ook het toneelstuk voorbereiden is aan te raden.

Gebruik bij het toneelstuk je eigen fantasie en kijk naar wat aansluit bij de belevingswereld van de leerlingen.

**Bronnen**

Peeters, M., & Meijer, W. (2014). Onderzoekend leren: Hoe stel je een onderzoeksvraag op? *Jeugd, School en Wereld*, 6-9. (te vinden op [www.wkru.nl](http://www.wkru.nl) onder Materialen/artikelen).



### Stap 2. Verkennen

Tijdens de verkenningsfase gaan de leerlingen het onderwerp breed verkennen. Dit doen ze met behulp van allerlei activiteiten, die ze soms individueel en soms in groepjes of klassikaal uitvoeren.

1 2 3

Hieronder is een scala aan activiteiten beschreven. Omdat het thema genetisch onderzoek naar de werking van het brein betreft, zijn er zowel activiteiten over de werking van het brein als over erfelijkheid en DNA. Omdat leraren de keuze te geven om op één van deze activiteiten te focussen, beschrijven we hier eerst de activiteiten die betrekking hebben op het brein (tot en met Activiteit 9) en daarna de activiteiten die betrekking hebben op erfelijkheid en DNA. Wie beide in één project wil belichten, raden we aan de activiteiten door elkaar heen aan te bieden en niet in de volgorde waarin ze hieronder zijn beschreven.

#### ACTIVITEIT 3: WAT IS HET BREIN?

##### *Doelen*

De leerlingen leren de verschillende onderdelen van het brein kennen en kunnen de functies van die onderdelen benoemen.

##### *Werkvorm*

Klassikale les met behulp van het digibord.

##### *De activiteit zelf*

###### *Vorbereiding en benodigheden*

Voor deze activiteit is het belangrijk de eigen kennis over de hersenen op peil te brengen. Dit kan met behulp van paragraaf 4.1 en met de informatie die bij *Bronnen* wordt genoemd. Op basis hiervan wordt de les inhoudelijk voorbereid. Hoofdstuk 1 van de lesmodule 'Kijk in je brein' kan hierbij als leidraad worden gebruikt, evenals het filmpje 'Hoe werken je hersenen?' van Schooltv.

***Duur: voorbereiding 45 minuten, uitvoering 60 minuten***

##### *Activiteit*

Na de inhoudelijke les en het bekijken van het filmpje van Schooltv is het goed om nog eens stil te staan bij de hersendelen die in het filmpje de revue passeerden. Die kunnen namelijk de subthema's vormen voor het eigen onderzoek van de leerlingen, verderop in het project. Laat hierbij plaatjes van de verschillende hersendelen zien op het digibord (zie *Online bijlagen* [🔗](#)).

**Cortex:** dit gedeelte van de hersenen richt zich op het denken. De cortex bestaat uit vier kwabben, die er samen voor zorgen dat de informatie die binnenkomt wordt ontvangen, geanalyseerd en geïnterpreteerd.

**Cerebellum:** dit zijn de kleine hersenen; ze regelen de coördinatie van het bewegen.

**Amygdala:** dit deel van de hersenen legt verbanden tussen de informatie die via verschillende zintuigen binnenkomt en koppelt deze aan emoties.

**Hersenstam:** deze bestuurt de regeling van de vitale levensfuncties, zoals temperatuur, hartslag, ademhaling en bloeddruk.

**Hippocampus:** dit hersendeel is vooral betrokken bij het opslaan van nieuwe herinneringen.



*Onderzoeker Hans van Bokhoven geeft op de Radboud Universiteit uitleg over het brein aan leerlingen van de Roncallischool.*

### **Afronding**

Ter afronding kan het filmpje 'Zoek het uit' van Klokhuis bekeken worden.

### **Online bijlagen**

- Doorsnede van de hersenen met hersengebieden.

### **Bronnen**

- Lesmodule 'Kijk in je brein': [http://docenten.kijkinjebrein.nl/pdf/Lesmodule\\_basisonderwijs\\_docent.pdf](http://docenten.kijkinjebrein.nl/pdf/Lesmodule_basisonderwijs_docent.pdf).
- 'Hersenboekje' van Hersenen in actie (Universiteit Leiden): <http://www.hersenen-in-actie.nl/publications/hersenboekje.pdf>.
- Filmpje 'Hoe werken je hersenen', Schooltv: <http://www.schooltv.nl/video/hersenen-hoe-werken-je-hersenen/#q=hoe%20werken%20je%20hersenen>.
- Klokhuis-uitzending 'Zoek het uit: Hersenen': <http://www.hetklokhuis.nl/tv-uitzending/2470>.
- Klokhuis-reeks over de hersenen: <http://www.hetklokhuis.nl/algemeen/hersenen>.
- App 'Brainmatters': <http://www.brainmatters.nl/app>.

### ACTIVITEIT 4: HET KLOKHUIS OVER DE HERSENEN

---

Deze activiteit betreft het bekijken van een aantal filmpjes. Het is teveel om ze allemaal in één keer te laten zien. Verspreid deze activiteit daarom over de duur van het hele project.

#### *Doelen*

- Verbreden en verdiepen van kennis over de hersenen;
- Het onderwerp 'hersenen' warm houden;
- Vragen oproepen voor de vragenmuur.

#### *Werkvorm*

Klassikaal.

#### *De activiteit zelf*

##### *Vorbereiding en benodigdheden*

Bekijk de webpagina van Klokhuis over de hersenen (zie *Bronnen*) en kies en bekijk een aantal beschikbare filmpjes. Filmpjes 1, 2 en 9 zijn in ieder geval geschikt.

#### *Duur*

Circa 30 minuten per filmpje: 15 minuten voor het bekijken van het filmpje en 15 minuten voor vragen en gesprek.

#### *Activiteit*

Bekijk met de hele klas de filmpjes op het digibord. Zet het filmpje stil als er vragen zijn en ga met de leerlingen in gesprek. Ook wanneer je iets zelf belangrijk vindt, zet je het filmpje stil en ga je er door middel van vragen over in gesprek.

#### *Tip*

Laat bij het eerste filmpje een app zien (helaas alleen voor iPad/iPhone) waarmee je in de hersenen kunt kijken. Dit is een erg leuke activiteit om ergens in het project in te passen.

#### *Bronnen*

Het Klokhuis over Hersenen: [www.hetklokhuis.nl/algemeen/hersenen/](http://www.hetklokhuis.nl/algemeen/hersenen/).



ACTIVITEIT 5: **MASTERMIND**

**Doelen**

De leerlingen verdiepen hun kennis over het brein, met name over de verschillende onderdelen van het brein en hun werking, doordat ze de verschillende onderdelen gaan ervaren.

**Werkvorm**

Carrousel in subgroepjes van vijf tot zeven leerlingen. Er kunnen maximaal tien groepjes meedoen, er is geen minimum.

**De activiteit zelf**

**Voorbereiding en benodigdheden**

Deze activiteit vergt veel voorbereiding, begin daar dus op tijd mee. Neem de beschrijving van de workshop goed door (zie *Online bijlagen*) en kijk of de workshop zoals beschreven ook op jouw school uitvoerbaar is. Pas de workshop waar nodig aan, rekening houdend met de specifieke omstandigheden en het niveau van de leerlingen. Verzamel tijdig de benodigde materialen. Het kan handig zijn extra hulp van enkele ouders of stagiaires in te roepen, afhankelijk van het aantal beschikbare leraren. Zij kunnen de groepjes begeleiden en bij de verschillende onderdelen staan.




*Leerlingen van de Roncallischool leren door een activiteiten-carrousel de verschillende hersengebieden en hun functies kennen.*

**Duur**

Voorbereiding minimaal 60 minuten (afhankelijk van de beschikbare materialen), activiteit minimaal 120 minuten.

**Inleiding/oriëntatie**

De leerlingen krijgen instructie over de te volgen route en over het verband van de activiteit met het thema 'hersenen'. (Voor de route zie de workshopomschrijving bij *Online bijlagen* .

**Activiteit**

De leerlingen maken in groepjes een (speur)tocht langs de verschillende hersengebieden. Elk gebied bevindt zich in een aparte ruimte; daar wordt een activiteit uitgevoerd die samenhangt met de functie van dat hersengebied. Gaandeweg kunnen legoblokjes worden verdiend door vragen goed te beantwoorden. Elk goed antwoord levert legoblokjes op, elk fout antwoord duploblokjes. Aan het eind bouwen de leerlingen hiermee de hersenen na.

### **Afronding**

De workshop wordt per klas nabesproken; de kinderen presenteren hun zelfgebouwde hersenen aan elkaar.

### **Tips**

Laat maximaal tien groepjes meedoen. Als je er méér klassen bij betreft, worden de groepjes te groot.

### **Online bijlagen**

Workshopomschrijving 'Mastermind'

### **Bronnen**

Materialen WKRU Winterschool 2014: [www.ru.nl/publish/pages/601983/workshop\\_mastermind.zip](http://www.ru.nl/publish/pages/601983/workshop_mastermind.zip).

## ACTIVITEIT 6: ZELFSTANDIG INFORMATIE VERWERKEN

---

### **Doelen**

- De leerlingen oefenen het zelfstandig informatie verwerken;
- De leerlingen verdiepen en verbreden hun kennis over de hersenen.

### **Werkvorm**

De leerlingen werken zelfstandig als deel van de weektaak of op bepaalde momenten tijdens de lessen.

### **De activiteit zelf**

#### **Voorbereiding en benodigdheden**

Zoek werkboekjes en ander lesmateriaal bij elkaar voor de 'vergaarbak' van waaruit de leerlingen kunnen werken. Zie *Bronnen* voor suggesties. Met enig creatief zoeken op internet is er veel te vinden voor verschillende niveaus.

#### **Inleiding/oriëntatie**

De leerlingen krijgen de opdracht om gedurende het project drie à vier opdrachten uit de beschikbare werkboekjes in de vergaarbak te doen.

#### **Activiteit**

De leerlingen gaan aan de slag met de opdrachten.

### **Afronding**

Bespreek de resultaten klassikaal na, zodat de kinderen van elkaar leren.

### **Bronnen**

- Lesmateriaal 'Het brein' van NEMO: [www.e-nemo.nl/media/filer\\_public/8b/6a/8b6a9842-0f7a-4cab-844b-5b970156143c/het\\_brein-leerkracht.pdf](http://www.e-nemo.nl/media/filer_public/8b/6a/8b6a9842-0f7a-4cab-844b-5b970156143c/het_brein-leerkracht.pdf).
- Online activiteiten van de hersenstichting: [www.activeerjehersenen.nl](http://www.activeerjehersenen.nl).
- 'Hersenboekje' van de Universiteit Leiden: [www.hersenen-in-actie.nl/publications/hersenboekje.pdf](http://www.hersenen-in-actie.nl/publications/hersenboekje.pdf).

ACTIVITEIT 7: VERBINDINGEN IN HET BREIN

Deze opdracht is bedacht door Dirk Schubert, onderzoeker van het Radboudumc.

**Doelen**

- De leerlingen ervaren hoe de verbindingen in het brein werken en wat daarin mis kan gaan.

**Werkvorm**

Groepjes van tenminste twaalf. Het kan ook klassikaal: dan zijn steeds tien leerlingen actief bezig, terwijl de anderen toekijken.

**De activiteit zelf**

**Vorbereiding en benodigdheden**

- Een blinddoek;
- Vier blokjes, liefst identiek, van een handzaam formaat (makkelijk met één hand snel op te pakken);
- Zet twee tafels aan weerszijden van een ruimte waar vier leerlingen ruim tussen passen (zie afbeelding). Leg drie blokjes klaar op tafel A en één op tafel B.

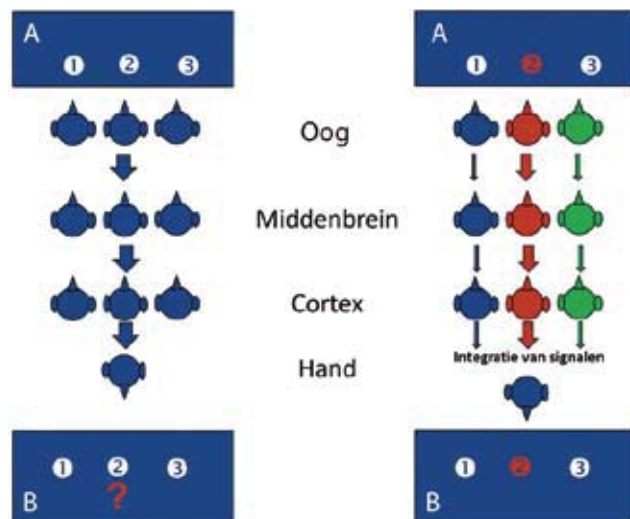
**Duur: 45 minuten (30 minuten indien het Klokhuisfilmpje al is bekeken)**

**Inleiding/oriëntatie**

Bekijk met de leerlingen het eerste Klokhuisfilmpje over de hersenen. Als dit al is gebeurd, vraag de leerlingen dan wat ze nog weten over de verbindingen in de hersenen. Hoe zat het ook alweer met de verbindingen tussen bijvoorbeeld onze handen en onze hersenen?

**Activiteit**

Negen leerlingen gaan in drie rijtjes van drie tussen de tafels staan (zie afbeelding). De tiende leerling staat alleen (de hand) en wordt geblinddoekt. De twee overige leerlingen staan ten opzichte van het groepjes achter de tafels. De leerlingen houden elkaars handen of pols vast in de richting van de pijlen. De drie leerlingen van de 'cortex' houden alledrie de arm van de geblinddoekte leerling vast, waarbij ze hun handen niet te dicht bij elkaar plaatsen.



Schematische weergave van de activiteit.

Netwerken in het Brein

## Netwerken in het Brein

De leerling achter tafel A plaatst nu een blokje op plek 1, 2 of 3 en zorgt ervoor dat de leerling achter tafel B dit duidelijk kan zien. Die leerling plaatst het andere blokje op dezelfde plaats op zijn of haar eigen tafel, tafel B. Door nu zachtjes in elkaars hand of arm te knijpen gaat er een signaal van de ogen, via het middenbrein en cortex, naar de hand. Als dit goed gaat, laat dan enkele verbindingen door elkaar lopen door leerlingen de instructie te geven om de hand van een ander kind te pakken, of door de leerling achter tafel A drie blokjes neer te laten leggen.



*Leerlingen van de Roncallischool ervaren hoe de verbindingen in het brein werken door ze na te bootsen.*

### **Afronding**

Leg samen met de leerlingen het verband tussen de activiteit en de verbindingen in de hersenen. Is nu duidelijk geworden hoe die verbinding werkt en waarom het mis kan gaan? Gebruik hierbij de schematische afbeelding van het spel (zie *Online bijlagen*).

### **Tips**

De activiteit kan iets moeilijker worden gemaakt door de leerlingen zelf te laten uitzoeken hoe ze het signaal van de ogen naar de hand krijgen.

### **Online bijlagen**

Schematische weergave van het spel.

ACTIVITEIT 8: **BEGRIJPEND LEZEN OVER HET BREIN**

---

**Doelen**

- De leerlingen werken aan hun woordenschat (les 1 en 2);
- De leerlingen leren verwijswaarden te herkennen (les 1);
- De leerlingen leren een tekst te bestuderen (les 1 en 2);
- De leerlingen werken met hoeveelheden en getallen (les 1).

**Werkvorm**

De opdrachten kunnen zelfstandig of in tweetallen worden gemaakt. Omdat de teksten (zie online bijlagen) moeilijke woorden bevatten, is het goed ze eerst klassikaal door te nemen.

**De activiteit zelf**

**Vorbereiding en benodigheden**

- Enige voorkennis over het onderwerp is gewenst. Neem daarom van te voren de tekst goed door.
- Print de opdrachten voor alle leerlingen uit (zie *Online bijlagen*).

**Duur: 45 minuten**

**Activiteit**

Lees de tekst samen met de leerlingen door en bespreek de moeilijke begrippen. Alleen les 1: Wijs de leerlingen op enkele verwijswaarden: waar verwijzen die naar? Daarna maken ze de opdrachten zelfstandig of in tweetallen.

**Afronding**

Bespreek de opdrachten klassikaal na.

**Online bijlagen** 

Twee teksten, inclusief opdrachten:

Les 1: 'Het Zenuwstelsel'

Les 2: 'Jongens en meisjes hersenen'

**Bronnen**

Tekst les 1: <http://neurokids.nl/verken/hersenen/het-zenuwstelsel> .

Tekst les 2: <http://neurokids.nl/verken/hersenen/jongens-en-meisjes> .

### ACTIVITEIT 9: GEZICHTSBEDROG

---

#### **Doelen**

De leerlingen leren dat wat je ziet niet altijd is wat je denkt (in eerste instantie): soms houdt ons brein ons voor de gek. De leerlingen ervaren dit en leren of ontdekken hoe dit komt.

#### **Werkvorm**

Klassikaal, met tussendoor eventueel overleg in groepjes. Maak daarvoor tafelgroepjes van vier tot zes leerlingen.

#### **De activiteit zelf**

##### **Vorbereiding en benodigdheden**

Verdiep je enigszins in het fenomeen gezichtsbedrog, bijvoorbeeld door te kijken op Wikipedia. Het woord gezichtsbedrog suggereert dat de ogen voor de gek worden gehouden, maar in veel gevallen van gezichtsbedrog zijn het juist de hersenen die 'bedrogen' of voor de gek gehouden worden.

##### **Benodigdheden:**

- slides 'Breinspelletjes' (zie *Online bijlagen*)
- digibord
- kleine spiegels, 1 à 2 per groepje

##### **Duur: 45 minuten**

##### **Activiteit**

Aan de hand van de PowerPointpresentatie (zie *Online bijlagen*) doen de leerlingen verschillende breinspelletjes. Bij elk spelletje vraag je aan de leerlingen of zij weten hoe het breinspelletje werkt. Weten ze dat niet, geef dan uitleg.

##### **Afronding**

Bespreek na wat er gebeurt bij een optische illusie: de hersenen interpreteren bepaalde signalen verkeerd. Het grappige is: zelfs als je weet dat je hersenen voor de gek worden gehouden, dan zie je toch wat je hersenen denken te zien. Want waarnemen en weten spelen zich af zich in verschillende delen van de hersenen.

##### **Online bijlagen**

PowerPointpresentatie 'Breinspelletjes', over optische illusies.

##### **Bronnen**

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Gezichtsbedrog>.

**ACTIVITEIT 10: DRAMALESSEN OVER HET BREIN**

Deze activiteit omvat drie op elkaar aansluitende lessen, waarin de werking van het brein opnieuw actief wordt ervaren.

**Doelen**

De leerlingen leren dat er vijf hersengebieden zijn en dat elk hersengebied een eigen functie heeft.

**Werkvorm**

Actieve werkvorm (drama) in verschillende samenstellingen.

**De activiteit zelf (per les)**

De nadruk ligt op de *functies* van de hersengebieden. Deze worden uitvergroot in een spel.

**Les 1. Cerebellum (bewegen) en hersenstam (controle essentiële lichaamsfuncties)**

**Vorbereiding en benodigdheden**

Afbeeldingen van de hersengebieden (zie *Online bijlagen*, workshop Mastermind).  
 Afbeeldingen waarop meerdere mensen staan, bijvoorbeeld mensen die haast hebben, mensen die iets tillen of hardlopers die klaar staan voor de start. Zie *Online bijlagen* voor voorbeelden. Je kunt ook zelf foto's zoeken.

**Duur: 45-60 minuten**

**Inleiding**

Vertel de leerlingen dat de volgende drie dramalessen gaan over ons brein. Aan de hand van de afbeeldingen worden de vijf hersengebieden en hun functies nog eens in herinnering gebracht. Bij deze activiteit richten we ons op drie hersenfuncties:

1. Cerebellum (bewegen) en hersenstam (controle essentiële lichaamsfuncties);
2. Cortex (denken) en hippocampus (geheugen);
3. Amygdala (emoties).

Deze les start met het cerebellum en de hersenstam. Een van de essentiële functies van de hersenstam is het voelen van beweging en zwaartekracht.

**Warming-up**

De leerlingen lopen rond door de ruimte zonder elkaar aan te raken of te praten. Je noemt iets waar de leerlingen een bepaalde beweging bij kunnen maken, bijvoorbeeld een sport, activiteit of stemming. De leerlingen beelden dit uit. Denk bijvoorbeeld aan schaatsen, moe zijn, stoer doen, angstig zijn, zwemmen, haast hebben, iets heel zwaars dragen, ziek zijn, iets kwijt zijn, iets vergeten zijn, dansen.

De leerlingen zijn verdeeld over de ruimte. Op een bepaald moment blijven ze stilstaan en bewegen niet meer. Je noemt nu dezelfde dingen op als hiervoor. De leerlingen beelden die dingen uit alsof zij een standbeeld zijn. Telkens wanneer je een nieuwe beweging of houding noemt, tel je af van vijf naar nul. In die tijd kunnen de leerlingen hun houding bepalen en neerzetten.



### **Instructie**

Je legt de leerlingen uit dat ze straks in groepjes van vier of vijf gaan werken. Zij krijgen een foto waar meerdere mensen op staan. Deze mensen beelden iets uit. De leerlingen proberen nu samen een standbeeld te vormen waarbij ze zo goed mogelijk uitbeelden wat er op de foto staat.

### **Activiteit**

De leerlingen zijn verdeeld in groepjes en hebben een foto gekregen. Zij voeren de opdracht die gegeven is in ongeveer 10 minuten uit.

### **Afsluiting**

De groepjes laten het 'standbeeld' zien dat ze samen bij de foto hebben gemaakt. De andere groepjes proberen te raden wat ze uitbeelden. Vraag ter evaluatie wat de leerlingen van de les vonden.

## **Les 2. Cortex (denken) en hippocampus (geheugen)**

**Duur: 45-60 minuten**

### **Inleiding**

Je vertelt de leerlingen dat deze les gaat over denken en het geheugen. Ze leren daarover door middel van drama. Vertel ook dat de cortex staat voor denken en de hippocampus voor het geheugen.

### **Warming-up**

De leerlingen zitten in een kring. Kies twee leerlingen uit en vraag hen even op de gang te wachten. Voordat ze gaan, kijken zij eerst goed rond in de kring. Terwijl zij op de gang wachten, veranderen de andere leerlingen enkele dingen: ze wisselen van plaats, iemand trekt zijn vest of zijn schoenen uit, iemand doet zijn haren in een staart of juist los, enzovoort. De leerlingen die op de gang stonden, moeten nu gaan raden wat er veranderd is (maximaal drie pogingen per leerling).

### **Instructie**

Vraag de leerlingen of zij *Memory* kennen. Dat spel gaan ze nu spelen, maar daarbij zijn zij zelf de kaarten! Vraag wederom twee leerlingen om even naar de gang te gaan. Zij gaan straks het spel tegen elkaar spelen. De andere leerlingen maken tweetallen. Samen spreken zij een houding of een gebaar af dat zij precies hetzelfde kunnen uitbeelden. Daarna gaat elk van de twee op een andere plaats in de klas staan. Nu mogen de leerlingen die op de gang stonden om de beurt de naam van een leerling opnoemen. De leerling die wordt genoemd maakt de houding of het gebaar dat hij of zij had afgesproken. Als er twee 'kaarten' (leerlingen) zijn 'omgedraaid', zijn er twee opties:

- 1: er is een match, de speler krijgt een punt;
  - 2: er is geen match, de andere speler is aan de beurt.
- Wanneer de groep groot is, kun je ervoor kiezen de klas in tweeën te splitsen.

### **Activiteit**

De leerlingen spelen het 'Levend Memory-spel', zoals hierboven beschreven.

### **Afsluiting**

Vraag de leerlingen ter evaluatie wat ze van de les vonden.

Is er nog tijd over? Speel dan een versie van 'Ik ga op reis en neem mee...'. Daarbij noemen de leerlingen geen voorwerp, maar ze maken een bepaalde beweging of nemen een bepaalde (stilstaande) houding aan om een voorwerp uit te beelden. De anderen moeten goed opletten, want ze moeten de beweging of houding van hun voorganger(s) goed onthouden, omdat ze die in de volgende ronde goed na moeten doen! Ook hierbij kun je de groep in tweeën splitsen.

### Les 3. Amygdala (emoties)

#### *Vorbereiding en benodigdheden*

Kaartjes met daarop een locatie en kaartjes met daarop een emotie (zie *Online bijlagen*)  
Stoelen voor 'de emotiebus'

*Duur: 60 minuten*

#### *Inleiding*

Vertel de leerlingen dat ze deze les gaan werken met emoties door middel van drama. Leg uit dat de amygdala staat voor emoties.

#### *Warming-up*

Vraag de leerlingen op te noemen welke emoties zij kennen. Daarna gaan ze in een grote kring staan en neemt elk kind een emotie in gedachte. Wie durft, mag naar voren stappen en een emotie uitbeelden. De andere leerlingen doen dit na.

#### *Instructie*

Vertel de leerlingen dat zij in groepjes van vier een toneelstukje gaan maken en opvoeren. Ieder groepje krijgt drie kaartjes. Op kaartje 1 staat een plaats, op kaartje 2 en 3 staat een emotie. Met de kaartjes maken de kinderen nu een klein toneelstukje, dat circa 30-60 seconden duurt. Daarbij moeten ze de locatie en de twee emoties verwerken die op hun kaartjes staan.

#### *Activiteit*

De leerlingen voeren de opdracht uit die ze kregen bij de instructie.  
Ze laten hun toneelstukjes aan elkaar zien. Kunnen de andere kinderen raden welke plaats en welke emoties er op hun kaartjes stonden? De leerlingen noemen eventueel tips en tops.

#### *Afsluiting*

Vertel de kinderen dat ze de volgende situatie gaan uitbeelden: drie leerlingen en één buschauffeur zitten in een bus. Elke keer dat er iemand instapt, laat die persoon daarbij een bepaalde emotie zien. De andere passagiers en de buschauffeur nemen deze emotie over. Wanneer alle plaatsen in de bus bezet zijn, stapt degene die het langste in de bus zit er steeds uit voordat er een nieuw iemand instapt. Wie zelf niet weet welke emotie hij of zij kan uitbeelden, kan de emotiekaartjes uit de kern van de les erbij gebruiken.

#### *Tips*

- Zorg dat er voldoende tijd is om deze activiteit uit te voeren.
- Heb je een grote klas, splits die bij enkele opdrachten dan in tweeën. Een van de leerlingen kan als spelleider optreden.

### Online bijlagen

- Fotoblad drama's 1.
- Locatie- en emotiekaartjes.

### Bronnen

Nooij, Holger de, (2012). Kijk op spel: drama voor de pabo, Noordhoff Uitgevers B.V.

### ACTIVITEIT 11: SCHRIJFLESSEN OVER HET BREIN

---

Deze schrijflessen zijn bedoeld om te laten zien hoe je een verbinding kunt leggen tussen het thema van het project onderzoekend leren waar de kinderen aan werken en de vaardigheden die het curriculum voorschrijft. Zo dragen alle lessen bij aan kennis van de leerlingen over het thema van het project. In de praktijk zul je hierbij vooral je eigen methodes en ervaringen gebruiken. Naast de hier voorgestelde lessen kunnen binnen het thema kunnen natuurlijk vele andere lessen worden aangeboden.

### Doelen

De leerlingen oefenen in enkele lessen verschillende schrijfvaardigheden:

- Decoratief schrijven;
- Netjes en foutloos overschrijven;
- Stellen: zelfs een tekst schrijven met duidelijke indeling.

Tijdens het oefenen van deze vaardigheden blijven de leerlingen in contact met het thema 'Netwerken in het brein'.

### Werkvorm

De opdrachten worden individueel uitgevoerd. De afronding gebeurt klassikaal of in groepjes.

### De activiteit zelf (per les)

#### Les 1 Decoratief schrijven

##### Voorbereiding en benodigheden

- Snijd witte blaadjes van 12 bij 12 cm (vierkant).
- Leg vouwblaadjes klaar van 16 bij 16 cm.
- Controleer of de link naar de site met decoratieve letters bij bronnen nog werkt. Zoek anders zelf een site met decoratieve letters.

**Duur: 60 minuten**

##### Inleiding

Laat met behulp van de site enkele voorbeelden zien van decoratieve hoofdletters.

##### Activiteit

Elke leerling maakt op een wit blaadje een decoratieve letter uit de titel van het project: 'Netwerken in het brein'.

**Afronding**

De witte blaadjes worden op de gekleurde vouwblaadjes geplakt. Van alle vouwblaadjes wordt een slinger gemaakt die op een opvallende plek in de klas wordt opgehangen.

**Les 2 Netjes en foutloos schrijven**

**Vorbereiding en benodigheden**

Print voor elke leerling een werkblad uit en deel die rond.

**Duur: 30 minuten**

**Activiteit**

De leerlingen schrijven een tekst over de hersenen over (zie werkblad 'Netjes en foutloos schrijven' bij online bijlagen). Daarbij letten ze er vooral op dat ze netjes schrijven, met goede verbindingen en schrijfrichting.

**Afronding**

De leraar kijkt de opdracht na en hangt een aantal werkstukken op in de klas.

**Les 3 Stellen**

Let op, deze 'les' bestaat uit drie losse lessen.

**Vorbereiding en benodigheden**

Bereid een les stellen voor op basis van je eigen methode of ervaring.

**Duur: 3 lessen van 60 minuten**

**Inleiding**

Bespreek per les de onderdelen van de tekst die in die les aan bod komen.

**Activiteit**

In de eerste les schrijven de leerlingen de inleiding en het slot van een tekst over het 'syndroom van Down'. Zij kunnen hier zelf informatie over verzamelen. Er kan natuurlijk ook gekozen worden voor een ander onderwerp dat met het thema te maken heeft.

In de tweede les schrijven ze een tekst over het thema met titel, inleiding, alinea's en slot. Inleiding en slot kunnen uit de eerste les worden overgenomen en eventueel aangepast.

**Afronding**

De teksten worden door de leraar nagekeken en voorzien van feedback, kijkend naar de opdracht. In de derde les lezen de leerlingen hun tekst aan elkaar voor. Zo leren ze ook van elkaar over het onderwerp. Besteed tijdens deze bespreking aandacht aan de eisen die worden gesteld aan de opbouw van een tekst.

**Online bijlagen** 

Werkblad 'Netjes en foutloos schrijven'.

## Netwerken in het Brein

### Bronnen

Decoratieve hoofdletters: <http://etc.usf.edu/clipart/galleries/186-decorative-letters>.

### ACTIVITEIT 12: MAAK JE EIGEN GENETISCHE STAMBOOM

#### Doelen

De leerlingen krijgen een basisinzicht in erfelijkheid door eigenschappen binnen hun familie te vergelijken.

#### Werkvorm

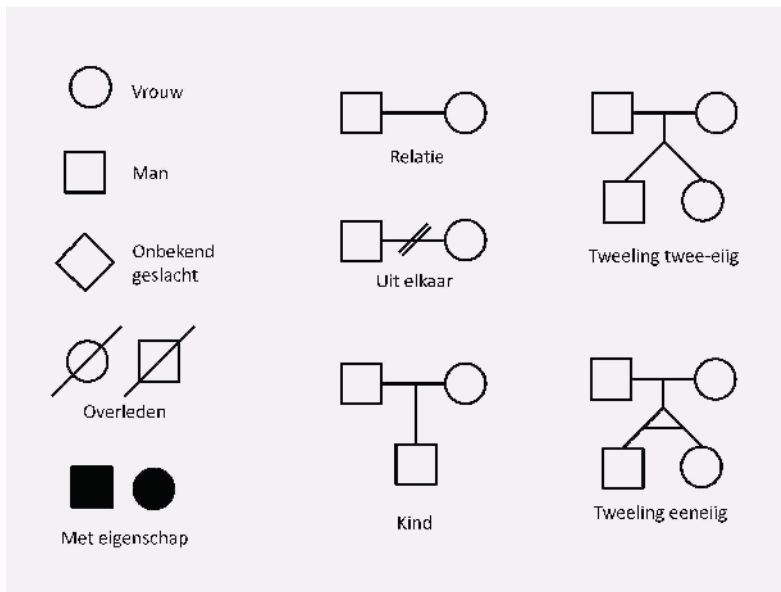
Individueel

#### De activiteit zelf

##### Voorbereiding en benodigdheden

Bestudeer eerst zelf goed hoe een genetische stamboom in elkaar zit. Door zelf een stamboom te maken, weet je het beste waar de leerlingen tegenaan kunnen lopen.

- Een A3-vel per leerling. A4 kan ook, maar A3 werkt prettiger.
- Betekenis van de symbolen op het digibord projecteren of als print uitdelen (zie afbeelding, ook beschikbaar als online bijlage).



Symbolen van een genetische stamboom.

**Duur: 30 minuten**

#### Inleiding/oriëntatie

Leg de leerlingen uit wat overerving is of bekijk samen een filmpje over overerving, bijvoorbeeld het filmpje over oogkleur van het Erfocentrum (zie *Bronnen*).

Geef uitleg over de symbolen van de stamboom. Je kunt de symbolen zonder tekst gebruiken (zie *Online bijlagen*) en de leerlingen naar de betekenis ervan laten raden.

**Activiteit**

De leerlingen kiezen een eigenschap die ze zelf ook hebben. Dat mag een uiterlijk kenmerk zijn, maar ook bijvoorbeeld een gedragseigenschap, zoals 'ik ben altijd vrolijk' of 'ik lees graag', enzovoort. Het hoeft niet per se een erfelijke eigenschap te zijn. Het gaat er juist om dat de kinderen gaan inzien dat sommige eigenschappen erfelijk zijn en andere niet.

Vervolgens maken de leerlingen een stamboom van hun familie, waarbij ze de 'vakjes' inkleuren van de familieleden die de genoemde eigenschap hebben.



*Leerlingen van de Roncallischool maken hun eigen genetische stamboom voor één eigenschap die in hun familie voorkomt.*

**Afronding**

Bespreek samen de stambomen van de leerlingen. Wat valt op? Welke eigenschappen zijn duidelijk erfelijk en welke minder?

**Tips**

Je kunt hier een klein onderzoekje aan verbinden. Geef de leerlingen wat meer tijd en laat ze thuis door middel van observatie of door vragen nagaan welke familieleden de gekozen eigenschap hebben. Zo kunnen ze hun stamboom uitbreiden.

**Online bijlagen** 

De symbolen van een erfelijke stamboom (beschikbaar met en zonder tekst).

**Bronnen**

Filmpje 'Erfocentrum over overerving van de oogkleur': <http://youtu.be/QB4iLgtwE18>.

### ACTIVITEIT 13: LAB TO SCHOOL: ISOLEER JE EIGEN DNA

---

#### **Doelen**

- De leerlingen maken op een actieve manier kennis met genetica;
- De leerlingen leren elkaar instructies te geven en te helpen.

#### **Werkvorm**

Zelfstandige werkvorm. De leraar geeft instructie aan een klein groepje; in de eigen werktijd en pauzes kunnen deze leerlingen deze instructie aan de anderen doorgeven.

#### **De activiteit zelf**

##### **Vorbereiding en benodigheden**

Probeer de activiteit eerst zelf uit, zodat je zeker weet dat je de goede instructies geeft.

Zet de volgende benodigheden op een tafel. Zorg dat die tafel op een plek staat waar de leerlingen bij kunnen en die de leraar goed in het oog kan houden:

- Water;
- Zout;
- Afwasmiddel;
- 70% alcohol (te verkrijgen bij de drogist);
- (Maat)beker;
- Doorzichtig glas of bekertje;
- Theelepel en eetlepel;
- Roerstaafje.



*Twee leerlingen van Montessorischool de Binnenstad demonstreren aan een andere klas hoe je je eigen DNA kan isoleren.*

**Duur: eerste instructie: 10 minuten, daarna per groepje nog 10 minuten.**

### **Inleiding/oriëntatie**

Kies een aantal leerlingen uit die het leuk vinden om de instructies aan anderen door te geven. Geef hen het werkblad 'Isoleer je eigen DNA' (zie *Online bijlagen*) en laat ze zelf de instructies volgen. Als dit goed gaat, kunnen zij de instructies doorgeven aan andere leerlingen. Maak zonodig een rooster, zodat ieder kind de gelegenheid krijgt om deze activiteit te doen. Je kunt ze natuurlijk ook zelf verantwoordelijk maken.

### **Activiteit**

Onder begeleiding van de instructeurs isoleren de leerlingen hun DNA door zorgvuldig en stap voor stap de instructies op te volgen (die instructies staan ook op het werkblad):

- 1) Doe zoveel zout bij het water in de (maat)beker totdat het niet meer oplost.
- 2) Neem hieruit drie eetlepels zout water en doe die in het bekertje.
- 3) Spoel je mond met het zoute water (niet doorslikken!).
- 4) Spuug het water terug in het bekertje.
- 5) Doop de achterkant van de theelepel in het afwasmiddel.
- 6) Roer eventjes rustig door het zoute water.
- 7) Schep voorzichtig met een theelepel een laagje van 2 cm alcohol in het bekertje. De alcohol zal op het zoute water blijven liggen.
- 8) Roer voorzichtig met het roerstaafje door de alcohol.
- 9) Er ontstaat nu een soort web van witte sliertjes: dat is nu je DNA!

### **Afronding**

Het is niet noodzakelijk deze activiteit af te ronden. Als je iets gezamenlijks wilt doen, kun je samen bespreken wat er nu precies gebeurt (dit staat ook op het werkblad):

- De wangslimcellen in je mond laten makkelijk los door het zoute water;
- Het afwasmiddel zorgt ervoor dat de cellen kapot gaan;
- Door de alcohol plakt het DNA aan elkaar.

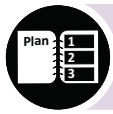
### **Tip**

De leerlingen die de instructie geven, kunnen van deze activiteit ook een demonstratie geven aan jongere klassen.

### **Online bijlagen**

Werkblad 'Isoleer je eigen DNA'.





### Stap 3. Opzetten onderzoek: onderzoeksvraag en onderzoeksplan

#### STAP 3A. DE ONDERZOEKSVRAAG

1 2 3

Het thema 'Netwerken in het brein' kan als vanzelf opgedeeld worden in subthema's. De verschillende hersengebieden en hun functies zijn namelijk perfect als basis voor verschillende interessante onderzoeksvragen. Omdat veel van de functies essentieel zijn bij onze dagelijkse activiteiten, raken de subthema's dus ook aan de leefwereld van de kinderen. We hebben ervoor gekozen om die gebieden als subthema's te gebruiken. Je kunt natuurlijk ook de functies als subthema kiezen. Omdat dit project genetisch onderzoek naar de hersenen als thema heeft, kunnen we behalve de hersengebieden of de functies ervan nog een subthema toevoegen, namelijk 'erfelijkheid'. Erfelijkheid leent zich goed als subthema van het onderwerp genetica en is geschikt voor een onderzoek door de leerlingen. Het is voor de leerlingen niet moeilijk om een verband te zien met hun eigen leefwereld, denk maar aan het maken van een stamboom in Stap 2.

Subthema's van het project 'Netwerken in het brein' worden dus:

- **Cerebrale cortex** Hogere hersenfuncties, zoals abstract denken
- **Cerebellum** Bewegingscoördinatie
- **Hippocampus** Geheugen
- **Amygdala** Emoties
- **Hersenstam** Autonome hersenfuncties (ademhalen, hartslag e.d.) en coördinatie tussen de hersendelen
- **Erfelijkheid**

Op niveau 1 en 2 kiest de leraar één van de onderzoeksvragen hieronder. Op niveau 3 bedenken de leerlingen zelf een onderzoeksvraag.

1 2

Voor projecten gestructureerd en begeleid onderzoekend leren (niveau 1 en 2) zijn hieronder vijf onderzoeksvragen geformuleerd. Deze zijn allemaal met het thema verbonden; ze onderzoeken vaardigheden die samenhangen met de functies van de verschillende hersengebieden. De onderzoeksvragen zijn zo dus ook met een subthema verbonden. Zo kunnen leerlingen het verband zien tussen wat ze hebben verkend en wat ze gaan onderzoeken. Overigens zullen bij de meeste vragen meerdere hersengebieden een rol spelen. Bij de indeling gaat we uit van het hersengedeelte waar de leerlingen zich door hebben laten inspireren.

De leraar kan ervoor kiezen om de hele klas één onderzoeksvraag voor te leggen of juist verschillende groepjes verschillende onderzoeksvragen te geven. Alle vragen zijn bedacht door de leerlingen van de scholen die aan dit project hebben meegewerkt.

1. *Wie hebben een betere fijne motoriek: kinderen of volwassenen? (cerebellum)*

De fijne motoriek vergt een heel precieze bewegingscoördinatie. Het cerebellum in de hersenen speelt daarbij dus een belangrijke rol.

2. *Wie heeft een snellere reflex: mannen of vrouwen? (hersenstam)*

Een reflex is een beweging waarbij verschillende delen van het lichaam (zintuigen en spieren) direct met elkaar verbonden zijn. Als verbinding tussen de verschillende hersendelen speelt de hersenstam hierbij een belangrijke rol.

3. *Kun je dingen beter onthouden als je ze leest of als je ze hoort? (hippocampus)*

De hippocampus speelt een belangrijke rol bij het geheugen. Al het onderzoek naar het geheugen heeft dus met dit deel van de hersenen te maken.

4. *Kun je je beter concentreren met of zonder muziek? (cortex)*

In dit onderzoek wordt de concentratie bij het maken van rekensommen getest. Hierbij speelt de cortex dus een belangrijke rol.

5. *Wie worden sneller emotioneel: jongens of meisjes? (amygdala)*

Bij emoties speelt de amygdala een belangrijke rol.

3

Op niveau 3 bedenken de leerlingen zelf hun onderzoeksvraag. De subthema's en vragen hierboven geven aan in welke richting je zou moeten denken. Let op dat je de leerlingen niet te vroeg te veel stuurt. Ze zijn prima in staat om zelf een vraag te bedenken; ook bovenstaande vragen zijn door leerlingen zelf bedacht.

### STAP 3B. HET ONDERZOEKSPLAN



Leerlingen van de Roncallischool bespreken hun onderzoeksplan met onderzoeker Hans van Bokhoven.

## Netwerken in het Brein

1

Vraag 2 van de genoemde onderzoeksvragen is hieronder als voorbeeld uitgewerkt in een onderzoeksplan. Een uitwerking van de andere vragen is op de website te vinden [🔗](#). De leerlingen moeten nog wel enkele details van het plan zelf invullen, zoals de tijdsplanning en de taakverdeling. In de onderzoeksplannen zoals die online staan, zijn deze velden alvast toegevoegd en kunnen dus zo worden ingevuld.



*Leerlingen van de Roncallischool onderzoeken de werking van het geheugen in het donker.*



**1. Wat is onze onderzoeksvraag?**

Wie hebben een sneller reflex: jongens of meisjes?

**2. Hoe past deze vraag bij het thema van het project?**

De vraag past bij het subthema 'hersenslam'. Bij reflexen speelt de hersenslam een rol.

**3. Wat zal volgens ons het antwoord zijn op de onderzoeksvraag? En waarom denken we dat?**

[Dit noemen onderzoekers een 'hypothese']

**4. Naar welke personen of materialen doen we onderzoek?**

Veertig kinderen uit onze school doen mee (twintig jongens, twintig meisjes)

**5. Wat gaan we precies meten?**

[Meten kan zijn: hoe lang iets duurt of hoe zwaar iets is.

Meten kan ook zijn: alle mensen dezelfde vraag stellen en dan de antwoorden vergelijken.]

Wij gaan meten of jongens en meisjes de muis wel of niet kunnen raken bij het spel *muis meppen*.

**6. Op wat voor manier gaan we meten?**

[Bijvoorbeeld met een testje, een vragenlijst of interviews.]

We gebruiken het spel *muis meppen*. Iedereen die meedoet met ons proefje moet proberen de muis te raken met een vliegenmepper.

[Dit spel kan je makkelijk zelf maken. Als je het niet kent, zoek dan via internet op hoe het eruit ziet.]

**7. Hoe vaak of bij hoeveel mensen moeten we het onderzoek doen om echt antwoord op de vraag te krijgen?**

Veertig kinderen doen mee aan ons onderzoek.

**8. Hoe schrijven we de resultaten op tijdens het uitvoeren van het onderzoek?**

[Antwoorden kort opschrijven, in een tabel opschrijven, streepjes zetten.]

We gaan streepjes zetten en daarna een gemiddelde uitrekenen.

Jongens, **wel** de muis geraakt:

Jongens, **niet** de muis geraakt:

Meisjes, **wel** de muis geraakt:

Meisjes, **niet** de muis geraakt:

**9. Wat moet in het onderzoek hetzelfde blijven en wat verandert (eerlijk meten)?**

Hetzelfde: Het spel, de muis steeds op dezelfde manier loslaten loslaten (niet duwen), jongens en meisjes moeten dezelfde leeftijd hebben.

Anders: De kinderen die het proefje doen (jongens en meisjes).

**10. Plan hieronder wanneer je de onderzoeksactiviteiten doet.**

Activiteit:	Plaats/locatie:	Dag:	Tijd:

**11. Welke hulp en materialen hebben we nodig?**

Spel *muis meppen* (eventueel zelf maken)  
Vliegenmepper  
Blaadje om streepjes op te zetten (turven)

**12. Van wie hebben we toestemming nodig, behalve van de leraar van onze groep?**

**13. Wie doet er wat bij de voorbereiding en de uitvoering van het onderzoek?**

Naam:	Taken:	Wanneer af:

## Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen (WKRU)

Dit boek is een uitgave van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen (WKRU). Het WKRU is een knooppunt tussen leraren en kinderen van het basis- en voortgezet onderwijs, onderzoekers van de Radboud Universiteit en pabo-docenten en -studenten van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN).

### **Missie**

Het WKRU heeft tot doel de relatie tussen de RU en het basis- en voortgezet onderwijs verder te versterken en te komen tot een betere afstemming tussen vraag en aanbod van wetenschappelijke kennis voor het onderwijs. Hiermee wil het WKRU de houding van leerlingen en (toekomstige) leraren ten opzichte van wetenschap en technologie positief beïnvloeden en hun onderzoekende houding stimuleren. Daarnaast wil het WKRU onderzoekers van de RU een podium geven om hun wetenschappelijke resultaten en de implicaties daarvan ten toon te kunnen spreiden aan een breed publiek.

### **Activiteiten**

Het WKRU heeft een gevarieerd palet van activiteiten, waaronder: jaarlijkse nascholingsdagen wetenschap en technologie voor pabo-studenten en leraren basis onderwijs (Winterschool), samenwerking in projectteams tussen wetenschappers, pabo-studenten en leraren waarbij een wetenschappelijk onderwerp vertaald wordt naar een project rondom onderzoeksactiviteiten, kinderlezingen (Mystery X), cursussen voor jonge onderzoekers waarin ze leren hoe ze hun onderwerp toegankelijk kunnen maken voor kinderen (Onderzoeker in de klas), een professionaliseringscursus Onderzoekend leren, studiedagen voor docenten uit het voortgezet onderwijs... en nog veel meer (zie [www.wkru.nl](http://www.wkru.nl)).



KONINKLIJKE NEDERLANDSE  
AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN

**Radboud Universiteit Nijmegen**

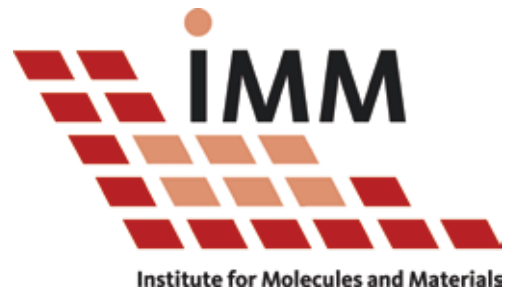


**Radboudumc**

Hogeschool  **van Arnhem en Nijmegen**



**Institute for Science,  
Innovation and Society**



**Faculteit der Letteren**



## Foto- en illustratieverantwoording

Tenzij hieronder anders vermeld zijn de foto's in deze uitgave gemaakt door het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit ©**WKRU 2015**. 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.

- Groeimodel onderzoekend leren CC BY SA 4.0 WKRU p. 18
- Het vragenmachientje CC BY SA 4.0 WKRU p. 36
- Onderzoeksplan CC BY SA 4.0 WKRU p. 39
- De ATLAS detector © 2014 CERN p. 46
- Niveaus materie © Nikhef p. 48
- Omtrek LHC CC BY SA 4.0 Maximilien Brice (CERN) p. 50
- ATLAS detector CC BY-SA 2.0 Argon National Laboratory p. 51
- Botsing Higgsdeeltje in ATLAS detector © 2014 CERN p. 51
- Foto Nicolo de Groot, archief Nicolo de Groot p. 53
- Foto Frank Filthaut, archief Frank Filthaut p. 53
- Formaat elementaire deeltjes CC BY SA 4.0 WKRU; gebaseerd op: p. 55
  - Person icon Black CC BY-SA 4.0 door Macruz(WMF)
  - Red blood cell CC 3.0 door DBCLS
  - ©iimages/123RF Stockfoto
  - Nucleus drawing CC BY-SA 3.0 door Marekich
- Een atoom ©iimages/123RF Stockfoto p. 56
- De ATLAS detector © 2014 CERN p. 57
- Metafoor Higgsveld © 1996 CERN p. 59
- Grafische weergave dobbelspel CC BY SA 4.0 WKRU p. 70
- Uitgewerkt onderzoeksplan CC BY SA 4.0 WKRU p. 86, 87
- Neuronen en Synapsen door NIH, Publiek domein p. 91
- Dandy Walker malformation (Radiopaedia.org), CC BY-NC-SA 3.0 Ian Bickle p. 92
- Foto Hans van Bokhoven, archief Hans van Bokhoven p. 93
- Foto Arjan de Brouwer, CC BY SA 4.0 WKRU p. 93
- Human male karyotype door NHGRI CC BY-SA 3.0, publiek domein p. 96
- Eukaryote DNA CC BY-SA 3.0 Sponk (vertaling WKRU) p. 96
- Hersengebieden door Arjan Brouwer, CC BY SA 4.0 WKRU; gebaseerd op: p. 97
  - CC BY 2.5 Patrick J. Lynch, medical illustrator
- IQ curve CC BY SA 2.5 Alessio Damato, Mikhail Ryazanov p. 98
- Schema activiteit door Dirk Schubert CC BY SA 4.0 WKRU p. 111
- Symbolen van een genetische stamboom CC BY SA 4.0 WKRU p. 120
- Uitgewerkt onderzoeksplan CC BY SA 4.0 WKRU p. 127, 128
- Copernicaans Wereldbeeld, Publiek domein p. 130
- Het graf van Goorle, foto Klaas Tijdsma p. 132
- Titelblad Exercitationes, bron Tresoar, Leeuwarden p. 133
- Document onderzoek, Publiek domein p. 134
- Henricus de Veno, bron Museum Martena, Franeker p. 135
- Inschrijvingsbewijs Universiteit Gorlaeus, foto Christoph Lüthy p.135
- Rechtszaak tegen Bruno door Ettore Ferrari, Publiek domein p. 136

- Geocentrisch wereldbeeld door Bartolomeu Velho, Publiek domein p. 136
- Aristoteles, foto Giovanni Dall'Orto p. 137
- Democritus door José Ribera, Publiek domein p. 137
- Abraham Gorlaeus, door Hendrik Goltzius, Publiek domein p. 138
- Foto Christoph Lüthy, archief Christoph Lüthy p. 139
- Boek Christoph Lüthy, Publiek domein p. 139
- Copernicaans Wereldbeeld door Andreas Cellarius, Publiek domein p. 143
- Canon van de Geschiedenis, bron: entoen.nu p. 146
- CMS Higgs-event CC BY-SA CMS 3.0 door Lucas Taylor p. 147
- Abraham Gorlaeus door J. de Gheijn, publiek domein p. 150
- Uitgewerkt onderzoeksplan CC BY SA 4.0 WKRU p. 169, 170

Met betrekking tot enkel illustratiemateriaal is het de uitgever ondanks zorgvuldige inspanningen daartoe, niet gelukt eventuele rechthebbende(n) te achterhalen. 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.