

Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Molecuulbotsingen, Stress en Taal der zintuigen

Sanne Dekker & Jan van Baren-Nawrocka (redactie)

Hoofdstuk 4: Stressreacties



Sanne Dekker & Jan van Baren-Nawrocka (redactie)



Colofon

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

Copy-editing: Luutje Niemantsverdriet

Opmaak: Ferdie Westen

Druk en afwerking: Drukkerij Coers&Roest Arnhem

Coverfoto's: © WKRU

Eerste druk, januari 2017

ISBN: 978-90-818461-5-8

NUR-code: 190

Wilt u een exemplaar bestellen?

Ga naar: www.wkru.nl/boek

Uitgave:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Heyendaalseweg 135 – postvak 77

Postbus 9010

6500 GL Nijmegen

Nederland

E-mail: infowkru@ru.nl

Telefoon: 024 366 72 22

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



2017 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

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

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

Voor afbeeldingen gelden soms andere licentievoorwaarden; zie foto- en illustratieverantwoording achterin dit boek (p. 176).

Hoofdstuk 4 Stressreacties

Het project dat we in dit hoofdstuk beschrijven, heeft als thema 'Stressreacties'. Dit thema is gebaseerd op het onderzoek van Karin Roelofs en haar team naar de manier waarop onze hersenen controle kunnen uitoefenen op hoe we reageren op stressvolle situaties. Het hoofdstuk bestaat uit twee delen. In paragraaf 4.1 beschrijven de onderzoekers wat stress is, hoe we erop reageren en hoe hersenen deze stressreacties controleren. Ook beschrijven ze hoe ze onderzoek hebben gedaan naar stress. Leraren kunnen deze paragraaf gebruiken als inhoudelijke voorbereiding voordat ze met het thema aan de slag gaan in de klas. In paragraaf 4.2 beschrijft het projectteam hoe leraren dit thema in overeenstemming met de zeven stappen van onderzoekend leren in de klas kunnen behandelen. Hierbij vormt hoofdstuk 2, waarin we de leidraad van de zeven stappen hebben beschreven, de basis. We raden dan ook aan om hoofdstuk 2 als uitgangspunt te nemen bij de uitvoering van een project met dit thema in de klas. Dit hoofdstuk voorziet in de thematische aanvullingen daarop.

Projectteam 'Stressreacties'

Dit hoofdstuk is gebaseerd op een project dat is vormgegeven door een projectteam waarin onderzoekers van de Radboud Universiteit samenwerken met basisscholen en het WKRU. Het projectteam 'Stressreacties' werkte samen in het schooljaar 2015-2016 en bestond uit de volgende mensen:

Radboud Universiteit

Prof. dr. Karin Roelofs (hoogleraar Experimentele psychopathologie), dr. Floris Klumpers (senior onderzoeker), dr. Saskia Koch (postdoc), Hannah Niermann, MSc (promovenda). Allen zijn verbonden aan de onderzoeksgroep Affectieve Neurowetenschappen van het Donders Centre for Cognitive Neuroimaging en het Behavioural Science Institute.

Scholen

De Gazelle, Arnhem: Bart Lemans (leraar), Mathijs Zwanenburg (leraar), Esther van Dalen (opleider in de school), Eileen Krechting (stagiaire HAN Pabo), Paulien van Tongeren (stagiaire HAN Pabo).

Dolfijnklassen Stroomland: Nicole Klaassen (begeleider locatie Boxmeer), Trudi Janssen (begeleider locatie Sint Anthonis).

WKRU

Drs. Jan van Baren-Nawrocka (projectleider), Lana Goossens, MSc (projectmedewerker).

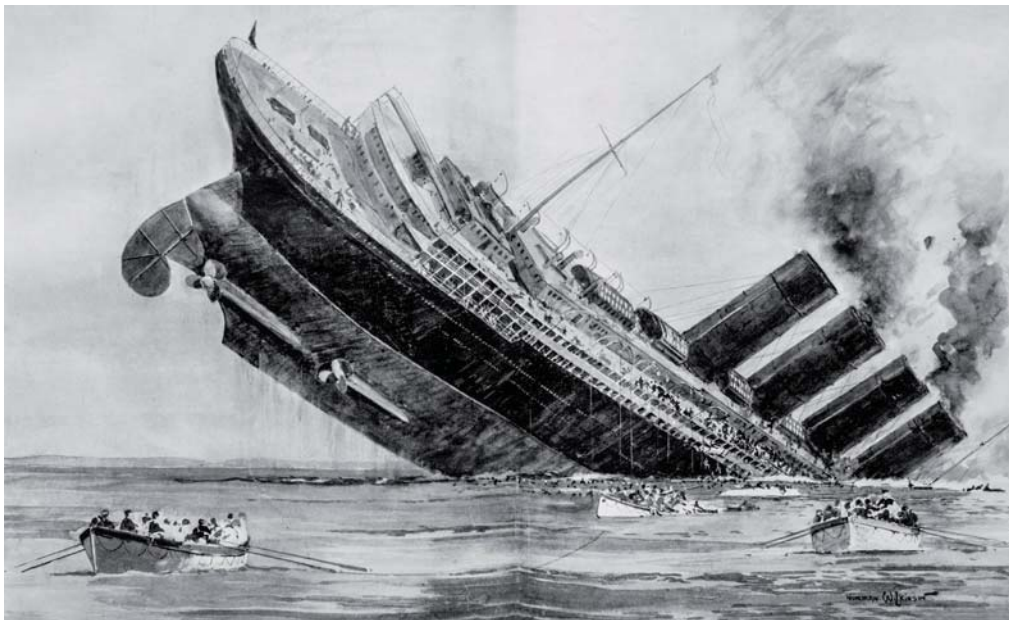
4.1 Stress en stressgedrag

Prof. dr. Karin Roelofs, Hannah C.M. Niermann (MSc), dr. Saskia Koch, dr. Floris Klumpers

Inleiding

Als je mensen vraagt of ze de afgelopen twee weken stress hebben gehad, zegt ongeveer drie op de vier 'ja'. Mensen ervaren dus heel regelmatig stress. De manier waarop we in stressvolle situaties reageren, verschilt echter enorm.

Stel je eens voor: terwijl je deze tekst leest komt een sms-bericht binnen van de overheid. Er vindt op dit moment in je directe omgeving een calamiteit (bijvoorbeeld een gijzeling) plaats. Je schrikt eerst, maar dan? Hoe reageer je dan? Er zijn enorme verschillen in de reacties van mensen. Bij ernstige calamiteiten als vliegtuigrampen of het vergaan van een veerboot is gedocumenteerd dat ongeveer 70 procent van de mensen in een zogenaamde *fight-or-flight*-reactie schiet. Ze vluchten op ongecontroleerde wijze van de situatie weg of gaan in de aanval. Ongeveer 15 procent van de mensen doet niets en blijft als het ware als bevroren zitten of staan, de zogeheten *freeze*-reactie. Slechts 15 procent van de mensen reageert met een gecontroleerde, doordachte handeling. Al deze reacties kunnen in bepaalde situaties nuttig zijn, maar in andere juist helemaal niet.



Bij ernstige calamiteiten als vliegtuigrampen of het vergaan van een veerboot is gedocumenteerd dat ongeveer 70 procent van de mensen in een zogenaamde fight-or-flight-reactie schiet en 15 procent in een freeze-reactie

Wat is stress eigenlijk? En hoe komen de verschillende typen stressgedrag tot stand? Hoe kan het dat we zo verschillen in onze reacties? En zijn er mogelijkheden om deze stressreacties te veranderen of te trainen?



Prof. dr. Karin Roelofs

Karin Roelofs (Venlo, 1972) raakte op de middelbare school al gefascineerd door wat emoties kunnen doen met het menselijk functioneren. Hoe kan het dat iedereen zo verschillend reageert op examenstress, welke hormonen spelen daarbij een rol en hoe werkt dat in de hersenen? Daarom besloot ze neuropsychologie en klinische psychologie te gaan studeren aan de Radboud Universiteit te Nijmegen. In de Verenigde Staten deed ze aan *The National Institutes of Health* (NIH, Washington DC) onderzoek naar de relatie tussen hersenen en emotioneel gedrag bij kinderen met hiv. Het fascineerde haar hoe subtiele veranderingen in de hersenen al invloed hebben op emotionele reacties van de kinderen. In 2002 promoveerde ze cum laude aan de Radboud Universiteit op een onderzoek naar psychogene bewegingsklachten. Ze ontdekte dat stress en stresshormonen veel invloed hebben op de manier waarop bewegingsklachten tot uiting komen. Tevens volgde ze de opleidingen tot cognitieve gedragstherapeut en GZ-psycholoog. Daarna werkte ze als universitair docent en later als hoofd-docent aan de Universiteit Leiden (2001-2011, Leiden Institute for Brain and Cognition). Dankzij een Veni- en Vidi-beurs van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) kon ze uitgebreid onderzoek doen naar vermijding en stressreacties bij mensen met sociale angst. In 2010 werd ze aan de RU (Behavioural Science Institute and Donders Institute for Brain Cognition and Behaviour) benoemd tot hoogleraar in de Experimentele psychopathologie. Ze werd hoofd van de 'affective neuroscience'-groep van het Donders Centre for Cognitive Neuroimaging en dankzij een Europese starterssubsidie en een Nederlandse Vici-subsidie kon ze haar onderzoek naar stressreacties uitbreiden. Hierbij richt ze zich vooral op de vragen hoe ons brein in staat is stressgedrag te controleren, hoe zich dat ontwikkelt bij kinderen en of dit voorspellend is voor welke mensen stress-gerelateerde klachten ontwikkelen. Uiteindelijk hoopt ze dat deze inzichten helpen om stress-gerelateerde klachten eerder vast te stellen en beter te kunnen behandelen.

Wat is stress?

Stressreacties zijn evolutionair voorgeprogrammeerde reacties die geactiveerd worden bij confrontatie met uitdagende of dreigende situaties. Tijdens zo'n situatie vinden in ons lichaam en in onze hersenen tal van chemische veranderingen plaats, zoals het aanmaken van de stresshormonen adrenaline en cortisol (zie Achtergrondinformatie, 'Stresshormonen'). De aanmaak van deze hormonen, gestart door onze hersenen, stelt ons in staat om snel en adequaat te reageren op gevaar. In samenspraak met onze hersenen activeren de hormonen bijvoorbeeld de zogenaamde *freeze-* en *fight-or-flight*-reacties, stressgedrag in de vorm van bevriezen en vechten-of-vluchten. Dit zijn belangrijke reacties die ons helpen om snel te reageren op acuut gevaar. Stressreacties zijn dus zeer nuttig. Ze helpen ons om pijlsnel te reageren als er een auto op ons af komt of om even heel scherp waar te nemen en vervolgens op het juiste moment tot actie over te gaan. Een beetje stress helpt ons ook om even heel gefocust te zijn op een belangrijke taak. Te veel stress kan ons presteren echter juist verminderen. Stressreacties kosten veel energie, waardoor ze op de lange termijn zelfs schadelijk zijn, zoals bij een burn-out. Bij een burn-out hebben mensen lange tijd veel stress

Stressreacties

gehad en de langdurige (of chronische) blootstelling aan stresshormonen kan uitputting van zowel lichaam als geest tot gevolg hebben. Het is dus ook belangrijk dat we onze stressreacties goed onder controle houden.

Verschillen in de vormen van stressgedrag, zoals bevriezen of juist vechten-of-vluchten, vinden hun oorsprong in verschillen in lichamelijke componenten. Die verschillen in stressreacties zien we daarom niet alleen in gedrag, maar ook op het niveau van de hartslag. Wat gebeurt er bij jou met je hartslag als je onder stress komt te staan? Voel je je hart bonzen in je keel of voel je juist je hart een slag overslaan? Beide reacties komen voor. De eerste, een versnelling van de hartslag, noemen we een *sympathische* reactie van het lichaam. Deze reactie zorgt ervoor dat er voldoende voedingsstoffen en zuurstof beschikbaar zijn om in actie te komen en op de stress te reageren (vechten-of-vluchten). Bij deze reacties worden de pupillen groter, gaan we zweten en houden we even op met voedsel verteren om tot actie over te gaan. De tweede reactie, een vertraging in de hartslag, noemen we *parasympathisch*. Deze reactie zorgt ervoor dat we eerst goed kunnen observeren wat er op ons afkomt (bevriezen), zodat we nieuwe acties kunnen voorbereiden (zie Achtergrondinformatie, 'Stress en het autonome zenuwstelsel').



We reageren heel verschillend op stressvolle situaties

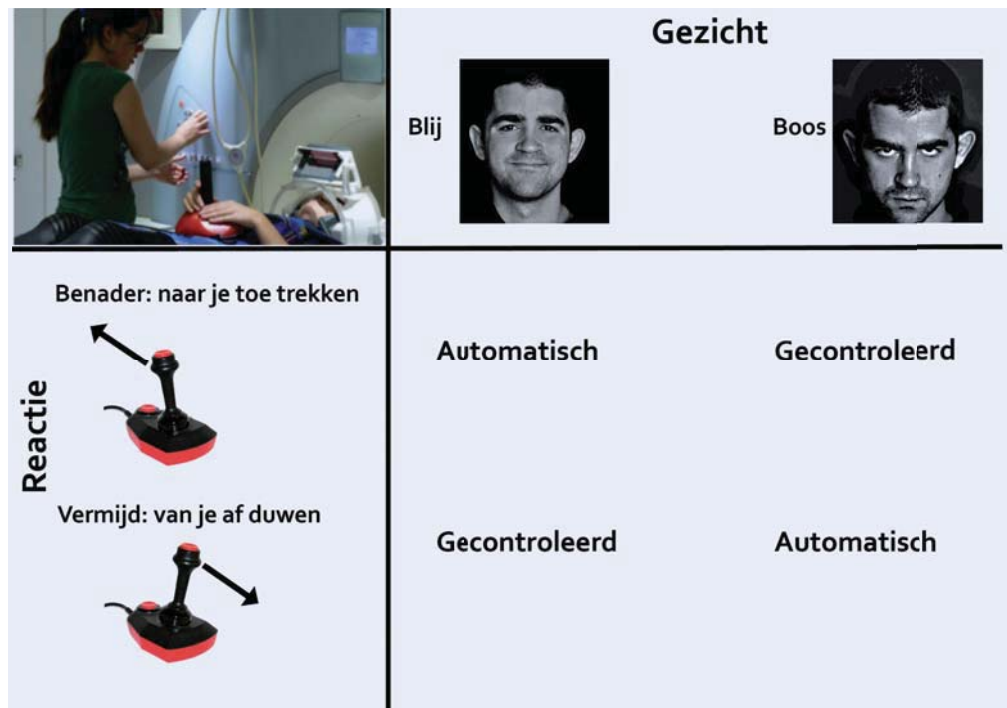
Hoe kan het dat we zo verschillen in onze stressreacties?

Twee factoren spelen een rol bij de manier waarop we op stress reageren. Aan de ene kant onze eerdere ervaringen: iemand die veel aan stress is blootgesteld, reageert bijvoorbeeld anders op dezelfde stressor dan iemand die er voor het eerst mee te maken krijgt. Eerdere ervaringen kunnen leiden tot sterkere reacties in de toekomst (sensitisatie), maar soms juist ook tot zwakkere reacties als de gevolgen niet ernstig zijn (gewenning). Tegelijkertijd speelt onze genetische aanleg een rol. We erven allemaal van onze ouders bepaalde eigenschappen en zo is ook de vatbaarheid voor het

vertonen van stressreacties gedeeltelijk bepaald bij onze geboorte. We weten dat heel specifieke, kleine stukjes van onze genen een sturende rol spelen bij het aanmaken van stress-gerelateerde chemische stoffen als hormonen in het lichaam (zie Achtergrondinformatie, 'Stresshormonen') en neurotransmitters in het brein. Door subtiele genetische verschillen maken sommige mensen meer van die stoffen aan, anderen juist minder. Uit onderzoek blijkt dat mensen die door hun genetische aanleg hogere serotonine niveaus in de hersenen hebben, minder activiteit in hun voorhersenen vertonen als ze hun emotionele acties onder controle moeten houden. Daardoor is het voor hen waarschijnlijk moeilijker om gecontroleerd te reageren tijdens stressvolle situaties.

Hoe de hersenen onze stressreacties controleren

Onze hersenen spelen een belangrijke rol bij het aansturen van stressreacties. In een recent onderzoek van het Donders Instituut in Nijmegen bestudeerden we hoe onze hersenen gedrag in stressvolle situaties controleren. Hierbij keken we naar de betrokkenheid van het voorste gedeelte van de hersenen bij het controleren van gedrag. Om controle over gedrag in kaart te brengen is een speciale benader-en-vermijdttaak ontworpen. Deelnemers aan het onderzoek kregen daarbij boze en blij gezichten op een computerscherm te zien. Hen werd gevraagd om met een joystick blij gezichten naar zich toe te trekken en boze gezichten van zich weg te duwen (automatische reacties) of juist het tegenovergestelde te doen (gecontroleerde reacties).



Schematisch overzicht van de benader-en-vermijdttaak

Deze taak meet de automatische neiging om gevaar te vermijden of toe te naderen door de snelheid van de joystickbewegingen op de milliseconde nauwkeurig te meten. Mensen zijn vaak sneller als ze afbeeldingen van blij gezichten naar zich toe moeten trekken en boze gezichten wegduwen

dan wanneer ze blijе gezichten moeten wegduwen en boze gezichten naar zich toe trekken. Door dit soort experimenten meten we hoe sterk iemands automatische neiging is om te vermijden of te benaderen. Daarnaast kunnen we op een speciaal 'balansbord' meten of mensen bevries- dan wel vecht-of-vluchtreacties tonen als ze de boze gezichten zien. Het balansbord meet beweging als je erop staat, een beetje vergelijkbaar met het bord bij de Nintendo Wii spelcomputer. De meeste mensen schieten in een bevriesreactie als ze de boze gezichten zien.

Om de automatische neiging tot het benaderen van positieve prikkels en het vermijden van negatieve prikkels te onderdrukken, is het frontale gedeelte van de hersenen nodig. Om dit aan te tonen gebruikten de onderzoekers een bijzondere techniek waarmee ze met een magneet tijdelijk de activiteit in een hersengebied verstoorden (zie Achtergrondinformatie, 'Stress in de hersenen meten'). Wanneer de activiteit in het voorste gedeelte van de hersenen verstoord was, hadden mensen meer moeite om tegennatuurlijk te reageren (dus om blijе gezichten te vermijden en boze gezichten juist te benaderen). Uit het onderzoek bleek dus dat specifiek de voorste gedeelten van de hersenen erg belangrijk zijn bij het onderdrukken van onze natuurlijke stressreacties.

Kunnen we stressreacties beïnvloeden?

Te heftige stress kan leiden tot zowel lichamelijke ziekte, bijvoorbeeld een maagzweer, als ernstige geestelijke problemen als post-traumatische stressstoornis en burn-out. Kunnen we zelf iets doen om onze stressreacties te veranderen of te trainen? Mensen kunnen natuurlijk ontspanningsoefeningen doen om hun hartslag te controleren, maar soms is dat niet genoeg. Soms moeten mensen heel specifiek getraind worden, zodat ze ondanks grote dreiging toch goed kunnen functioneren. Dit is bijvoorbeeld relevant voor mensen die beroepsmatig veel stressvolle dingen meemaken, zoals politieagenten, militairen of ambulancemedewerkers. Juist bij deze doelgroepen is controle over stressreacties erg belangrijk, omdat ze grote gevolgen kunnen hebben.

Stressreacties van politieagenten

In een van onze lopende onderzoeken bestuderen we de stressreacties van politieagenten. In ons laboratorium stellen we de politieagenten bloot aan stress. We doen dit door een voet enkele minuten onder te dompelen in ijskoud water, een moeilijke hoofdrekenaak af te nemen en door middel van een schietspel waarbij verkeerde beslissingen leiden tot een onschuldige maar onprettige elektrische prikkel. Op het balansbord en in de MRI-scanner worden de stressreacties in het lichaam (hormonen), in het gedrag (*freeze* en *fight-or-flight*) en in de hersenen gemeten en DNA wordt geanalyseerd. Daarnaast krijgen de agenten vragen over de mate van stress die ze door de heftige gebeurtenissen op het werk ervaren. Zo proberen de onderzoekers uit te zoeken welke factoren cruciaal zijn om goed te kunnen functioneren onder stress. Met deze kennis wordt geprobeerd de trainingen voor politieagenten te verbeteren door specifiek de juiste lichamelijke reacties te trainen. Bijvoorbeeld door middel van neurofeedback, waarbij op een scherm direct is te zien hoe actief een bepaald hersengebied is. Mensen kunnen dan oefenen om dit te reguleren.



Politieagenten maken veel stressvolle situaties mee

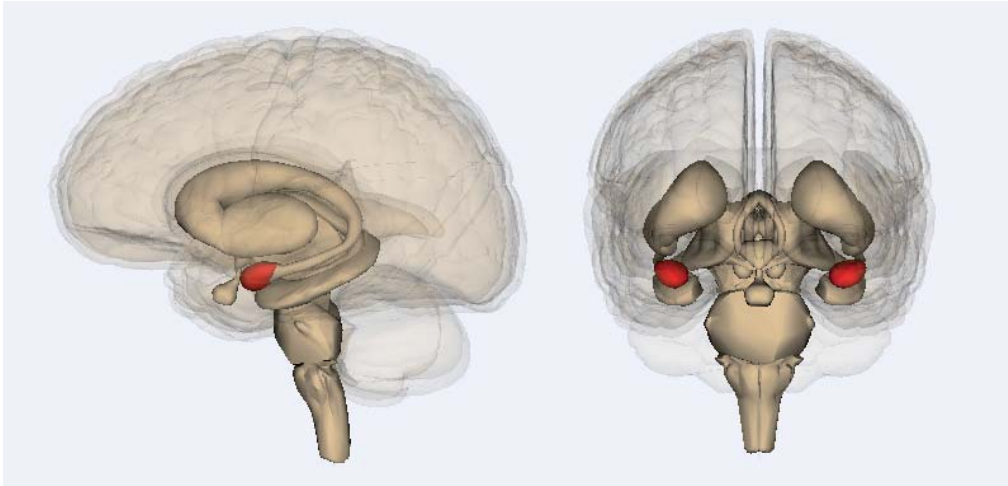
Stressreacties bij mensen met sociale angst

Sommige mensen laten stressreacties zien op momenten dat er geen direct gevaar is, waardoor problemen ontstaan. Angstige mensen gaan gevaar vaak uit de weg, ze durven anderen niet aan te kijken of gaan zelfs niet meer naar buiten. We noemen dit sociale angst. Mensen met sociale angst hebben een sterke automatische neiging om sociale situaties te vermijden. Zij vermijden zo veel dat de angst niet kan uitdoven en ze in het gezelschap van andere mensen angstig blijven. Dit is een groot probleem voor de gezondheidszorg en onderzoekers zijn naarstig op zoek naar verbetering van de behandeling van angstige mensen.

Ons onderzoek heeft onlangs aangetoond dat mensen met sociale angst meer van het stresshormoon cortisol hebben en juist minder van het hormoon testosteron. Vooral testosteron is belangrijk, omdat het de aanmaak van cortisol in het lichaam kan afremmen en invloed heeft op hersengebieden die belangrijk zijn bij stressreacties. Daarom wilden we onderzoeken of het toedienen van een kleine dosis testosteron ertoe leidt dat mensen gevaar niet langer vermijden maar juist gaan benaderen. Mensen met sociale angst kregen een beetje extra testosteron toegediend via een drankje. Daarna deden ze de benader-en-vermijdcomputertaak. We ontdekten dat mensen na testosteron de boze gezichten niet meer zo snel van zich wegduwden en ze zelfs wat sneller naar zich toe gingen trekken. Testosteron had geen effect op de blijde gezichten. Deze onderzoeksbevindingen laten zien dat testosteron dus echt kan helpen om vermijdingsgedrag door sociale angst te verminderen.

Stressreacties

Vervolgens onderzochten we hoe dit in de hersenen werkt. Hiervoor herhaalden we het hele onderzoek in een hersenscanner. Het bleek dat testosteron invloed had op de amandelkernen of amygdala. Dit zijn twee kleine gebieden in de hersenen die belangrijk zijn voor emoties. Testosteron maakte de amygdala actiever wanneer mensen het boze gezicht naar zich toe trokken en maakte de amygdala minder actief wanneer ze het boze gezicht wegduwden. Blijkbaar kan testosteron de amygdala specifiek stimuleren om gevaar te benaderen.



De amygdala (in rood) in een zij- en vooraanzicht van het menselijk brein

Beide onderzoeken zijn dus gericht op het krijgen van meer inzicht in de neurobiologie van automatische stressreacties. Door deze inzichten hopen we manieren te ontwikkelen om bijvoorbeeld politieagenten en mensen met sociale angst te helpen hun stressreacties beter te controleren.



Een leerling van de Dolfjinklassen ervaart hoe het is om in een MRI-scanner te liggen in een dummy MRI-scanner bij het Donders Instituut

Onderzoek naar stress en stressreacties

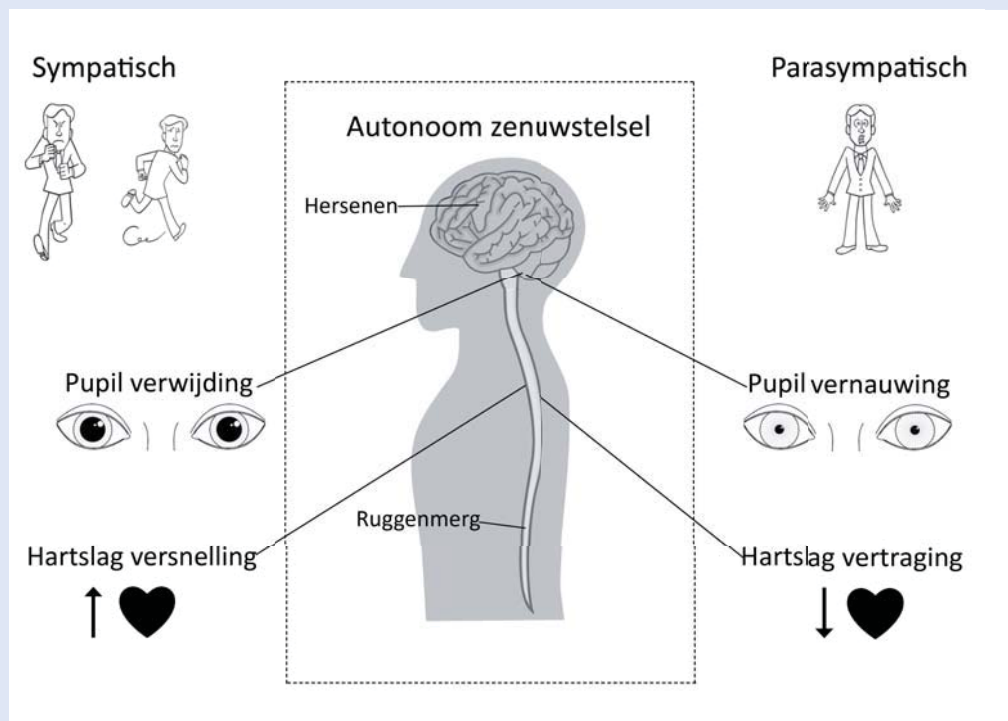
In stap drie van onderzoekend leren zullen leerlingen zelf een onderzoek opzetten. Om de link te laten zien tussen dit onderzoek van de leerlingen en het wetenschappelijke proces van de onderzoekers, werken we in onderstaand kader een onderzoek uit volgens het stramien dat ook van leerlingen wordt verwacht. Hier leggen Karin Roelofs en haar team uit hoe ze onderzoek hebben gedaan naar de werking van testosteron op stressreacties.

Onderzoeksvraag	Kan testosteron vermijdingsgedrag verminderen?
Hoe doen we dit onderzoek?	We keken hoe angstige mensen de joysticktaak uitvoerden nadat ze extra testosteron hadden gekregen en vergeleken dit met de resultaten van angstige mensen zónder extra testosteron.
Resultaten of verwachtingen	We ontdekten dat mensen na testosteron de boze gezichten niet meer zo snel van zich wegduwden en ze zelfs wat sneller naar zich toe gingen trekken. Testosteron had geen effect op de blijde gezichten.
Wat betekenen deze resultaten voor de toekomst?	Deze onderzoeksbevindingen laten zien dat testosteron echt kan helpen om vermijdingsgedrag te verminderen.
Wat willen we nog meer onderzoeken?	Hoe kunnen we deze kennis gebruiken om betere behandelingen voor stress-gerelateerde klachten als angst of agressie te ontwikkelen? Heeft testosteron bij politieagenten invloed op hun neiging om gevaar te vermijden (vluchten) of juist te vechten of te bevriezen?

ACHTERGRONDINFORMATIE

Stress en het autonome zenuwstelsel

Bij acute stress, zoals een levensbedreigende situatie, moet het lichaam supersnel reageren. Het lichaam reageert daarom direct (binnen een seconde) met een aantal heel snelle veranderingen. Deze veranderingen treden op onder invloed van het autonome zenuwstelsel. Dit noemen we zo omdat het autonoom (zonder onze bewuste controle) reageert. Binnen het autonome zenuwstelsel hebben we een sympathische en parasympathische component. Grofweg is het parasympathische zenuwstelsel belangrijk voor rustfuncties (denk aan spijsvertering), maar het kan ook juist actief worden bij acute stress. Dan bewegen we minder (zoals bij bevriesgedrag) en zien we een vertraging van de hartslag met een vernauwing van de pupil. Het sympathische zenuwstelsel is gekoppeld aan actiever gedrag (vecht-of-vluchtreacties) en aan hartslagversnelling, sterkere zweetreacties en pupilverwijding. Tijdens bevriesgedrag zijn beide takken actief, maar overheerst de parasympathische tak waardoor de hartslag laag is en we heel alert zijn. Het is dus geen relaxte toestand die op slaap lijkt, maar juist een actieve staat waarbij we heel alert zijn op aanwijzingen uit de omgeving die helpen te beslissen of we beter kunnen vechten of vluchten. Het is een staat van paraatheid waarbij acties worden voorbereid, maar er als het ware nog een rem op het systeem is waardoor we nog niet bewegen. Verschillende stressvolle situaties vereisen verschillende reacties. De twee takken van het autonome zenuwstelsel helpen ons om snel met de juiste reactie te komen.



Het autonome zenuwstelsel bestaat uit twee takken: het sympathische en het parasympathische systeem. Ruwweg zijn deze systemen gekoppeld aan respectievelijk actie en verminderde beweging. Ook hebben ze tegengestelde effecten op hartslag en pupilgrootte.

Stresshormonen

Naast het autonome zenuwstelsel bepalen ook stresshormonen als cortisol hoe je op stresssituaties reageert. Het systeem van stresshormonen is wat langzamer dan de snelle reacties van het autonome zenuwstelsel. Een klein gebied in onze hersenen, de hypothalamus, brengt een serie lichamelijke veranderingen teweeg die uiteindelijk leiden tot de afscheiding van het hormoon cortisol in de bijnieren. Cortisol is een van de belangrijkste stresshormonen en helpt bij het mobiliseren van energie om goed te kunnen reageren. Het duurt enige minuten voordat cortisol en andere stresshormonen worden afgescheiden, dus ze spelen geen belangrijke rol tijdens de allereerste reacties op iets wat stress veroorzaakt (een stressor). Over de functie van dit langzame systeem is discussie onder wetenschappers, maar over het algemeen wordt aangenomen dat cortisol naast een mobiliserende ook een remmende rol heeft in de stressreactie. Dit is erg belangrijk voor de terugkeer naar een staat van rust.

Stress in de hersenen meten

Hoe meet je hoe onze hersenen op stress reageren? Metingen aan de hersenen kun je op verschillende manieren doen, maar een van de beste methoden om in het hele brein te meten hoe actief verschillende hersengebieden zijn, is met behulp van een heel sterke magneet. Deze manier van meten heet Magnetic Resonance Imaging (MRI). Met die magneet kunnen we heel kleine veranderingen meten in hoe 'magnetisch' bepaalde gebieden in de hersenen zijn. Zuurstof verstoort magnetische velden. Omdat de hersenen in actie zuurstof gebruiken, kunnen we meten welke gebieden meer of minder actief zijn. Een probleem bij deze methode is dat, om de metingen goed te doen, mensen in een lange buis moeten liggen. Dat kan op zichzelf al stressvol zijn en is dus een mogelijke stoorfactor om goed in de gaten te houden.



Een MRI-scanner bij het Donders Instituut

Stressreacties

Daarnaast kunnen we, zoals in de hoofdtekst beschreven, met behulp van magnetische stimulatie ook direct de activiteit in de hersenen beïnvloeden. Deze techniek heet ‘transcraniële magnetische stimulatie’ (TMS). Hierbij wordt door middel van een sterk magneetveld een bepaald deel van de hersenen gestimuleerd. Door metingen aan de hersenen in normale toestand te vergelijken met metingen nadat een bepaald hersengebied verstoord is, en het dus tijdelijk minder goed functioneert, kunnen we de rol van hersengebieden direct toetsen.

Om stressreacties in de hersenen te meten, is het belangrijk om in het laboratorium stressniveaus van mensen te laten stijgen. Er wordt bijvoorbeeld gevraagd om een erg moeilijke hoofdrekenaak uit te voeren, terwijl twee onderzoekers nauwlettend beoordelen hoe goed het gebeurt. We weten dat daardoor stresshormonen nóg verder omhooggaan. Stress kan ook lichamelijk worden opgewekt door je bijvoorbeeld je hand in ijskoud water te laten houden. Als je wilt zien hoe dit gaat, kun je naar een filmpje kijken waarin bekende Nederlander Katja Schuurman in het laboratorium aan een stresstest wordt onderworpen (zie ‘Verder lezen, kijken en luisteren’).

Verder lezen, kijken en luisteren ⓘ

- Katja Schuurman onderwerpt zich aan een stresstest: www.npo.nl/katja-s-bodyscan/26-02-2015/KN_1667195
- Reeks Klokhuisafleveringen over de hersenen: <http://www.hetklokhuis.nl/algemeen/het%20klokhuis%20over%20hersenen>
- Karin Roelofs in 'De kennis van nu': www.npo.nl/gekloonde-paarden-in-nederland/11-05-2014/NPS_1241270
- Kort artikel over testosteron tegen sociale angst: <http://eoswetenschap.eu/artikel/shot-testosteron-tegen-sociale-angst>

4.2 Stressreacties de klas in!

Projectteam 'Stressreacties'

Hoe zet je als leraar in de klas een project onderzoekend leren op met als thema 'Stressreacties'? In deze paragraaf beschrijven we hoe je dat kunt doen. Bij elke stap van het onderzoekend leren bieden we activiteiten, praktische tips en suggesties. De beschrijvingen in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op de ervaringen van basisschool De Gazelle in Arnhem en de Dolfijnklassen in Boxmeer en Sint Anthonis. De online bijlagen waar bij verschillende activiteiten naar wordt verwezen, zijn te vinden op onze website www.wetenschapdeklasin.nl. Wanneer je dit symbool  tegenkomt, is dit een verwijzing naar deze website. Alle activiteiten samengenomen geven een beeld van het onderzoek naar stressreacties zoals hierboven beschreven.

Kerdoelen

Bij dit project kunnen de volgende kerndoelen aan bod komen:

Mondeling onderwijs

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.
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.

Schriftelijk onderwijs

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.

Natuur en techniek

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



Stap 1. Introductie

Tijdens de introductiefase komen leerlingen voor het eerst in aanraking met een onderwerp. Het doel is hen te prikkelen en nieuwsgierig te maken naar het onderwerp en hun voorkennis te activeren.

ACTIVITEIT: EEN ONVERWACHTE TOETS

De leerlingen worden verrast met een onverwachte toets en ondervinden daarvan stress.

Doelen

- Leerlingen ervaren wat stress is, hoe stress voelt en welk effect dat op hen heeft.
- Leerlingen leren (stress)gevoelens onder woorden brengen.
- Leerlingen denken na over stressgevoelige situaties in hun eigen leven.

Duur

25-30 minuten

Werkvorm

Klassikaal

Benodigdheden

Een opdracht voor de leerlingen waarvan de leraar verwacht dat deze stressgevoelens bij hen oproept.

Activiteit

Het doel van de activiteit is de leerlingen kennis te laten maken met stressgevoelens. Hiervoor moet de leraar een sfeer creëren in de klas die ze als stressvol kunnen ervaren. Bij binnenkomst van de leerlingen in de klas straalt de leraar stuursheid, afstandelijkheid en chagrijn uit. Op het bord staat een opdracht; de leraar vertelt de leerlingen individueel met de opdracht aan de slag te gaan. Voorbeeld van een opdracht: 'Maak een presentatie over jezelf. De presentatie mag maximaal duizend woorden zijn en mag maximaal vijf minuten duren. Je hebt vijftien minuten de tijd om de presentatie voor te bereiden'. Laat de kinderen in stilte aan de opdracht werken.

Na een tijdje, als de leerlingen genoeg stress hebben ervaren (de leraar kan zelf inschatten wanneer dat is), zegt hij dat de kinderen mogen stoppen en vertelt hij hen dat het een toneelstukje was om het begrip stress te introduceren.

Afronding

In een kringgesprek vertellen de leerlingen over hun ervaringen met de opdracht: Wat dachten ze toen ze binnenkwamen? Wat vonden zij van de houding van de leraar? Welk gevoel hadden ze terwijl ze met de opdracht bezig waren? Wat voelden ze toen de leraar zei dat ze mochten stoppen? Hebben ze zich wel eens eerder zo gevoeld en zo ja, wanneer dan?



Bij de Winterschool van het WKRU waren het de leraren die een onverwachte toets moesten maken.



Stap 2. Verkennen

In de verkenningsfase gaan de leerlingen het onderwerp breed verkennen. Het gaat er in deze fase om op verschillende manieren kennis op te doen. De nadruk ligt op het zich actief eigen maken van het thema door middel van verschillende activiteiten die de leerlingen soms in groepjes en soms klassikaal uitvoeren. Het is belangrijk om telkens de verbinding te leggen tussen de activiteit en wat daarvan te leren valt over het thema. Bij iedere activiteit is deze verbinding beschreven.

Activiteiten 2 tot en met 5 zijn, in verband met benodigde materialen, het meest geschikt om als circuit uit te voeren. Daarbij kunnen activiteiten 3 en 4 in één ronde gecombineerd worden.

Activiteiten 1 tot en met 7 zijn activiteiten om binnen het project uit te voeren. Activiteit 8 is een voorbeeld van de manier waarop ook in andere lessen een link kan worden gelegd met het thema.

Subthema's

Het onderverdelen van het hoofdthema in subthema's kan leerlingen helpen om bij stap 3 een onderzoeksvraag te formuleren. Subthema's geven meer houvast omdat ze vaak minder abstract zijn dan het hoofdthema. Bovendien zorgt het voor meer diversiteit tussen vragen die leerlingen stellen. We hebben daarom ook binnen dit thema een aantal subthema's aangebracht. Bij de activiteiten is aangegeven bij welk subthema ze passen:

- Stressgevoeligheid
- Stressreacties
- Stressvermindering

ACTIVITEIT 1: KRINGGESPREK OVER STRESS

Leerlingen bespreken in een kringgesprek waar ze stress van hebben of hebben gehad.

Subthema

Stressgevoeligheid

Doelen

- Leerlingen leren stresservaringen onder woorden brengen.
- Leerlingen leren dat stresservaringen tussen mensen verschillen.

Duur

45 minuten

Werkvorm

Klassikaal

Activiteit

De leraar legt de leerlingen drie voorbeelden voor waarin kinderen moeten reageren op iets naars:

'Kim heeft per ongeluk het geleende potlood van de juf kapotgemaakt. Ze loopt naar de juf om het potlood terug te geven. Wanneer de juf het potlood ziet en vraagt wat er gebeurd is, weet Kim niet meer wat zij moet doen of zeggen. Ze blokkeert helemaal, ze lijkt wel te bevriezen.'

'Sam is een rustige jongen in de klas, hij heeft nooit ruzie. Job is de grappenmaker in de klas. Hij maakt een grapje over een ziekte. Wanneer Sam dit hoort, slaan de stoppen bij hem door. Zijn oma heeft deze ziekte. Hij wordt zo boos dat hij naar Job toe rent en hem een flinke stomp geeft. Wanneer de meester dit met Sam wil uitpraten, weet Sam niet waarom hij ineens zo boos werd.'

'Lisa is heel verlegen. Ze probeert zo min mogelijk op te vallen in de klas. Op een dag roept Jan door de klas: "Lisa is op Joris". Lisa is dit helemaal niet. Lisa schrikt van de opmerking van Jan. Ze weet niet meer wat ze moet doen, ze wil gewoon weg. Ze rent de klas uit naar de toiletten. Ze draait de deur op slot en daar moet ze huilen.'

De drie voorbeelden worden besproken. Wat valt op aan Kim, Sam en Lisa? Hoe reageren zij? Herkennen de leerlingen dat? Vraag wie zich herkent in Kim, Sam of Lisa en of ze kunnen uitleggen waarom dat zo is, of ze een voorbeeld kunnen geven van wanneer ze zo reageerden. Reageren de leerlingen altijd hetzelfde? Zou je graag anders willen reageren?

Stressreacties

Afronding

De leraar bespreekt met de leerlingen dat mensen allemaal anders reageren op spannende situaties en dat als een situatie heel spannend is, je stress kunt voelen. Je kunt vluchten (weglopen), bevroren (niet meer kunnen bewegen) of je gaat vechten (je gaat in de verdediging). Dit is iets wat je zelf automatisch doet. De leraar vertelt de leerlingen in de komende periode in stressvolle situaties te peilen hoe ze reageren: Wat voel je van binnen? En wat doe je om het op te lossen?

Verbinding met het thema

De leerlingen gaan na hoe ze zelf op stress reageren, of ze hun neiging gemakkelijk kunnen controleren, of ze last hebben van sociale angst.

ACTIVITEIT 2: PRESTEREN ONDER STRESS

De leerlingen roepen bewust stressgevoelens op door hun hand in koud water te steken en te kijken hoe dit hun prestaties beïnvloedt.

Subthema

Stressgevoeligheid

Doelen

- De leerlingen leren dat stressgevoelens je prestatie beïnvloeden.
- De leerlingen komen erachter of zij onder stress beter of juist slechter presteren.

Duur

15 minuten

Werkvorm

In tweetallen

Benodigdheden

Per tweetal:

- Bak met water en ijsklontjes om het water extra koud te maken
- Twee keer een sommenblad versie A en B
- Nakijkblad versie A en B
- Potlood en papier
- Stopwatch
- Handdoek

Voorbereiding

Let op:

Om de koudwatertest bij kinderen te kunnen toepassen is het belangrijk om de watertemperatuur rond de 10°C te houden! Daarnaast mogen de leerlingen hun hand tijdens de proef absoluut niet langer dan twee minuten in het ijswater houden.

Leg voor ieder tweetal een sommenblad A en een sommenblad B klaar met de bedrukte kant naar beneden. Op de achterkant staat A of B zodat duidelijk is welk blad wat is. Ook wordt de bak met ijswater klaargezet. Naast de emmer wordt een handdoek gelegd.

Activiteit

Deze activiteit bestaat uit drie stappen. Voordat ze aan de proef kunnen beginnen, bespreekt het tweetal eerst wie proefpersoon is en wie proefleider. Daarna worden de rollen omgedraaid.

Stap 1: De proefleider houdt de stopwatch gereed. Als hij het teken geeft, mag de proefpersoon het sommenvel A omdraaien en in anderhalve minuut zo veel mogelijk sommen maken. De sommen moeten steeds in blokjes van vijf van boven naar onder gemaakt worden. Hij mag geen sommen overslaan. Na anderhalve minuut moet de proefpersoon stoppen en het blad weer omdraaien.

Stressreacties

Stap 2: Nu krijgt de proefpersoon de opdracht zijn hand (waarmee hij niet schrijft!) in de emmer met ijswater te steken. De proefpersoon moet zijn hand zo lang mogelijk in het water houden. De leraar moet echter duidelijk aangeven dat de leerlingen hun hand te allen tijde uit het water mogen halen en hoe dan ook **niet langer dan twee minuten** in het water mogen houden. Dit wordt getimed door de proefleider. Nadat de proefpersoon zijn hand uit het water heeft gehaald en afgedroogd, moet hij opnieuw sommen maken. Bij het teken van de proefleider krijgt de proefpersoon opnieuw anderhalve minuut om de sommen op sommenblad B te maken. Na anderhalve minuut stopt hij weer en draait hij het blad om.

Stap 3: De proefpersoon kijkt de sommen na met behulp van de antwoordbladen. De proefleider mag niet meekijken, omdat hij zelf ook de sommen nog moet maken. Hierna wordt de proef herhaald, waarbij proefpersoon proefleider wordt en proefleider proefpersoon.



Leerlingen van de Dolfjinklassen wekken lichamelijke stress op door hun hand in een bak met ijswater te houden

Afronding

De leerlingen vergelijken de resultaten van hun sommenbladen. Ze concluderen of ze beter of juist slechter presteren onder stress. Wat wil dit zeggen over hoe ze op stress reageren? In een klassengesprek kunnen eventueel alle resultaten worden vergeleken. De kans is groot dat waar de een na de test beter scoort, de ander het vóór de test beter doet. Wat betekent dit met betrekking tot stress? Is het iets goeds of iets slechts, of misschien toch allebei? Eventueel kan de klas het onderdeel van de aflevering van 'Katja's Bodyscan' over stress bekijken [👁](#), waarin Katja Schuurman de koudwatertest ondergaat.

Verbinding met het thema

De 'koudwatertest' is een beproefde methode om stress op te roepen. We weten dat je hand in ijskoud water houden leidt tot een lichte verhoging van het stresshormoon cortisol en tot een verhoging van de hartslag en bloeddruk. Een redelijke hoeveelheid stress kan de prestatie verbeteren. Echter, als de stress te hoog is en we erg gespannen zijn, neemt de prestatie vaak af omdat we moeite hebben met nadenken tijdens of na een acute stressvolle situatie.

Tip

Zoals hierboven beschreven, is de koudwatertest een bekende methode om stressgevoelens op te roepen. Hoewel de stressgevoelens over het algemeen licht zullen zijn, is niet te voorspellen hoe leerlingen zullen reageren op het ijswater. Het is daarom belangrijk om als leraar alert te zijn op leerlingen die eventueel extremere stressgevoelens ervaren.

ACTIVITEIT 3: STRESSREACTIES METEN: HARTSLAG

De leerlingen testen bij elkaar of, en zo ja hoe, hun hartslag verandert wanneer ze hun hand in een voeldoos moeten steken.

Subthema

Stressreacties

Doelen

- De leerlingen leren dat de lichamelijke reactie op stress verschilt tussen mensen.
- De leerlingen leren wat er gebeurt met hun hartslag als stress optreedt.

Duur

7 minuten

Werkvorm

In tweetallen

Benodigdheden

Per tweetal:

- Voeldoos met daarin een voorwerp, bijvoorbeeld zacht touw
- Hartslagmeter met borstband
- Uitleg en registratie van de activiteit 

Activiteit

De leerlingen werken in tweetallen; een van de twee is proefpersoon en de ander is proefleider. De proefpersoon doet bij zichzelf de band van de hartslagmeter om. Samen meten de leerlingen wat de hartslag is van de proefpersoon in rust. De proefleider schrijft deze op het registratieblad. Daarna zegt de proefleider de proefpersoon zijn hand in de voeldoos te steken. Op het moment dat de proefpersoon zijn hand in de voeldoos steekt, wordt zijn hartslag weer afgelezen en genoteerd op het werkblad.

Let op:

Alleen de proefleider mag de opdracht lezen en hij legt aan de proefpersoon uit wat hij moet doen.

Afronding

De leerlingen bespreken hun resultaten: Wat gebeurde er met je hartslag toen je je hand in de voeldoos stak? Ging hij omhoog of bleef hij normaal? Voelde je dan ook stress? Vond je het inderdaad spannend om je hand in de doos te steken?

Verbinding met het thema

De leerlingen onderzoeken wat er met je hartslag gebeurt als je stress ervaart. De hersenstam, het oudste deel van de hersenen, bepaalt in iedere situatie hoe snel je hart klopt. Soms is het nodig dat je hart sneller klopt omdat je moet handelen (wanneer je schrikt), soms is het juist nodig dat je hart langzamer klopt omdat je moet ontspannen (wanneer je slaapt).

Wanneer je stress hebt, zal in de meeste gevallen je hartslag omhooggaan, omdat in de hersenstam bepaald wordt dat je gaat vechten of vluchten. In sommige gevallen zal de hartslag juist verlagen, omdat bepaald wordt dat je beter kan bevriezen. De leerlingen kunnen hun hartslagen vergelijken en bepalen of bij hun de vecht-of-vluchtreactie of de bevriesreactie de overhand had.

Tips

- Het is heel belangrijk dat de proefpersonen niet weten wat precies gemeten gaat worden, anders kunnen ze op de situatie gaan inspelen.
- Als meerdere groepjes tegelijkertijd deze activiteit uitvoeren, kan ook een grote voldoos met meerdere gaten worden gemaakt.

ACTIVITEIT 4: STRESSREACTIES METEN: VECHTEN OF BEVRIEZEN

De leerlingen meten hoe lang ze erover doen iets spannends aan te raken en ontdekken zo het verschil tussen een vecht- of bevriesreactie.

Subthema

Stressreacties

Doelen

- De leerlingen leren dat de reactie op stress verschilt tussen mensen.
- De leerlingen ontdekken hoe ze reageren op een handeling die stress oproept.

Duur

7 minuten

Werkvorm

In tweetallen

Benodigdheden

Per tweetal:

- Voeldoos met daarin een voorwerp, bijvoorbeeld een schuursponsje
- Stopwatch
- Tape
- Uitleg van de activiteit 
- Werkblad 

Vorbereiding

Voor aanvang van de activiteit wordt de tweede voeldoos volgens de opstelling neergezet; met tape wordt een afstand van ongeveer een meter tot de voeldoos gemarkeerd.

Activiteit

De leerlingen werken in tweetallen; een van de twee is proefpersoon en de ander is proefleider. De proefleider geeft de proefpersoon opdracht om achter de streep te gaan staan. Als de proefleider ja zegt, begint hij te timen. Op hetzelfde moment mag de proefpersoon zijn hand in de voeldoos steken. Op het moment dat de proefpersoon zijn hand in de voeldoos heeft gestoken, zet de proefleider de stopwatch stil. De tijd wordt genoteerd op het werkblad.

Let op:

Alleen de proefleider mag de opdracht lezen en hij legt aan de proefpersoon uit wat hij moet doen.

Afronding

De leerlingen bespreken hun resultaten: Hoe lang deed je erover om je hand in de voeldoos te steken? Is er veel verschil tussen de verschillende proefpersonen of liggen de tijden heel dicht bij elkaar? Voelden de leerlingen stress of viel dat wel mee?



De snelheid waarmee deze leerling van de Dolfijnklassen haar hand in de voeldoos steekt wordt gemeten

Verbinding met het thema

Bij deze activiteit wordt onderzocht of er sprake is van bevriezen, vluchten of vechten. Leerlingen wordt gevraagd iets aan te raken wat mogelijk onaangenaam is. Zij kunnen als instinctieve reactie hebben dit te willen vermijden. Die automatische neiging moet gecontroleerd worden. Door te meten hoe lang het duurt om de hand in de voeldoos te steken, krijgen de leerlingen een idee van hoe moeilijk het voor hen is om automatische neigingen te controleren en hoe goed ze dus om kunnen gaan met stress.

Tips

- Het is heel belangrijk dat de proefpersonen niet weten wat precies gemeten gaat worden, anders kunnen ze op de situatie gaan inspelen.
- Als meerdere groepjes tegelijkertijd deze activiteit uitvoeren, kan ook een grote voeldoos met meerdere gaten worden gemaakt.
- Door achteraf de resultaten van de hele klas te vergelijken, is het verschil in snelheid tussen de leerlingen beter te zien en dus beter in te schatten of ze hun automatische neiging om te vermijden kunnen controleren.

ACTIVITEIT 5: HET EFFECT VAN ADEMHALINGSTECHNIEKEN

De leerlingen gaan onderzoeken of ze met behulp van een ademhalingsoefening hun hartslag sneller kunnen laten zakken.

Subthema

Stressvermindering

Doel

De leerlingen ervaren het effect van ademhalingstechnieken op stress.

Duur

15 minuten

Werkvorm

In tweetallen

Benodigdheden

Per tweetal:

- Hartslagmeter met borstband (zonder hartslagmeter kan eventueel ook, zie tips)
- Stopwatch of mobiele telefoon met stopwatchfunctie
- Uitleg van activiteit en registratieformulier 



Leerlingen van de Dolfjinklassen spannen zich in om hun hartslag omhoog te krijgen

Activiteit

Ook bij deze activiteit is er een proefpersoon en een proefleider. Na afloop van de proef worden de rollen omgedraaid en wordt de proef herhaald.

De proefpersoon doet de hartslagmeter om en de proefleider meet de hartslag en houdt een stopwatch bij de hand. Eerst wordt de hartslag in rust gemeten en opgeschreven. Daarna dribbelt de proefpersoon zestig seconden hard op de plaats om zijn hartslag omhoog te brengen. De proefleider roept na zestig seconden stop. De proefleider meet hoe lang het duurt voordat de hartslag weer hetzelfde is als de hartslag in rust (dat mag vijf slagen per minuut (bpm) hoger zijn omdat het anders te lang kan duren) en schrijft dat op.

Dan dribbelt de proefpersoon nog een keer zestig seconden op de plaats, maar nu moet hij, als de proefleider stop zegt, een ademhalingsoefening doen tot zijn hartslag weer normaal is. De ademhalingsoefening gaat als volgt: adem steeds drie tellen in door je neus en vijf tellen uit door je mond. De proefleider schrijft weer op hoe lang het duurt voor de hartslag normaal is (plus 5bpm). Daarna worden de rollen omgedraaid en herhalen de leerlingen de hele proef.

Afronding

De leerlingen vergelijken de tijd die ze nodig hadden om hun hartslag te verlagen met en zonder ademhalingsoefening en concluderen of een ademhalingsoefening helpt om de hartslag te verlagen.

Verbinding met het thema

Een verhoogde hartslag is een belangrijke indicator van stress. Door een rustige ademhaling kunnen we onze hartslag verlagen en sneller weer tot rust brengen. Zo kunnen we uiteindelijk ook stressgevoelens verminderen. Eventueel kijkt de leraar met de leerlingen ook naar een filmpje over het effect van ademhalingsoefeningen op stress en een verhoogde hartslag .

Tip

- Het kan handig zijn de ademhalingsoefening een paar keer met de leerlingen gedaan te hebben voor ze aan het proefje beginnen. Dit is om te voorkomen dat de leerlingen tijdens de activiteit afgeleid raken door een oefening die ze nog niet eerder hebben gedaan. Dit kan namelijk de resultaten van de hartslagmeting beïnvloeden.
- Het is ook mogelijk de hartslag te meten zonder hartslagmeter. De proefleider meet dan de hartslag van de proefpersoon door op zijn pols of in zijn hals te voelen en de hartslag dertig seconden te tellen. Wanneer je dat vermenigvuldigt met twee heb je het aantal hartslagen per minuut. Omdat het beter is als iemand anders het bij je doet, voeren de leerlingen die meting in tweetallen uit. Verder wordt, om vergelijkbare resultaten te krijgen, de proef iets aangepast. In plaats van te meten hoe lang het duurt voor de hartslag na het dribbelen weer terug is naar normaal, wordt de hartslag steeds na een bepaalde periode gemeten, bijvoorbeeld na een minuut. Dus de leerlingen dribbelen op hun plaats en na een minuut wordt hun hartslag gemeten. Dan dribbelen ze weer op hun plaats en doen ze een minuut de ademhalingsoefening. Na die minuut wordt de hartslag opnieuw gemeten. Door de gemeten hartslagen met elkaar te vergelijken en te vergelijken met de hartslag in rust, kunnen we iets zeggen over hoe goed de ademhalingsoefening werkte.

ACTIVITEIT 6: MUZIEK EN STRESS

De leerlingen onderzoeken de invloed die rustige en drukke muziek heeft op hun hartslag.

Subthema

Stressgevoeligheid, stressvermindering

Doelen

De leerlingen leren dat muziek invloed kan hebben op de mate waarin je stress ervaart.

Duur

15 minuten

Werkvorm

In tweetallen

Benodigdheden

- Apparatuur om muziek mee af te spelen
- Rustige muziek 🎧
- Drukke muziek 🎧
- Eventueel hartslagmeters

Activiteit

In ieder tweetal is de ene leerling de proefpersoon, de andere de proefleider. De proefleider is verantwoordelijk voor het meten van de hartslag van de proefpersoon. De proefpersoon moet eerst een minuut stil zitten. Daarna meet de proefleider zijn hartslag door op zijn pols of in zijn nek de hartslag te voelen en die 30 seconden lang te tellen. De leraar geeft klassikaal de 30 seconden aan. Aan de hand hiervan kan de hartslag per minuut worden uitgerekend. Deze wordt genoteerd. Daarna laat de leraar de tweetallen klassikaal een minuut naar rustige muziek luisteren, waarna de proefleider opnieuw de hartslag van de proefpersoon meet. De hartslag wordt weer genoteerd. Dan laat de leraar de tweetallen klassikaal een minuut naar drukke muziek luisteren, waarna de proefleider de hartslag van de proefpersoon meet. Ook die wordt genoteerd. Indien beschikbaar kunnen ook hartslagmeters worden gebruikt.

Afronding

De verschillende hartslagen worden vergeleken. Veranderde de hartslag van de leerlingen nadat ze naar rustige en drukke muziek hadden geluisterd in vergelijking met hun hartslag in rust? En voelden ze zich tijdens de liedjes ook meer of minder gestrest? Wat zegt dit over het effect dat muziek heeft op stress?

Verbinding met het thema

Er is aangetoond dat muziek op veel verschillende manieren ons gedrag en gevoel kan beïnvloeden. Het kan geluksgevoelens oproepen, of juist stress en onrust. Muziek maakt vaak deel uit van therapeutische behandelingen. Aangezien muziek vaak als stressverlagend wordt ervaren, zou het misschien ook sociaal angstige mensen kunnen helpen hun stressprikkel te onderdrukken.

Tip

- Om alle leerlingen als proefpersoon te laten deelnemen aan de activiteit kan de hele activiteit herhaald worden, waarbij proefpersoon en proefleider van rol wisselen.
- Voor een uitbreiding van de activiteit kunnen leerlingen zelf muziek uitzoeken waar ze gestrest of juist heel rustig van denken te worden. Vervolgens kunnen ze volgens de hierboven beschreven methode testen of dit klopt en of het bij andere leerlingen hetzelfde effect heeft.

ACTIVITEIT 7: **MASSAGELES**

Leerlingen oefenen met elkaar in het geven van een massage.

Subthema

Stressvermindering

Doelen

- De leerlingen ervaren hoe een massage voelt en wat het met ze doet.
- De leerlingen leren zich door middel van aanraking te ontspannen.
- De leerlingen leren om actief te luisteren en grenzen te stellen.

Duur

25-40 minuten (afhankelijk van hoe vaak de activiteit herhaald wordt)

Werkvorm

De leraar leest klassikaal een verhaal voor, de leerlingen oefenen in tweetallen met masseren.

Benodigheden

- Verhaal 'Een dagje op de boot' 
- Digibord om het verhaal op te projecteren zodat de leerlingen mee kunnen lezen
- Eventueel rustgevende muziek



Leerlingen van de Dolfijnklassen masseren elkaar

Activiteit

De leraar legt uit wat de activiteit inhoudt. De leraar stelt duidelijke regels op en legt uit dat de leerlingen hun eigen grenzen moeten aangeven tijdens de massageles; ze moeten aangeven wat ze wel en wat ze niet fijn vinden.

Daarna leest de leraar het verhaal 'Een dagje op de boot' voor, terwijl de leerlingen de massage-oefeningen uitvoeren. Een van de twee is masseur, de ander wordt gemasseerd. De leraar leest de massageoefeningen voor en doet ze voor in de lucht. Na afloop van het verhaal worden de rollen omgedraaid en leest de leraar het verhaal nog een keer voor.

Afronding

Evalueer met de leerlingen de les. Wat vonden zij van de massage? Wat voelden zij tijdens de massage? Werden zij er ontspannen van of juist niet? Wat vonden zij ervan om de massage te geven?

Verbinding met thema

Massage is een bekende techniek om (lichamelijke) stress of spanning weg te nemen. Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar het effect van massage op stress, onder andere bij pasgeboren baby's en bij kinderen met leukemie die chemotherapie moesten ondergaan. De onderzoeken toonden aan dat massage de aanmaak van het hormoon 'oxytocine' stimuleert. Oxytocine staat ook wel bekend als het 'knuffelhormoon' en veroorzaakt onder andere vermindering van stressgevoelens. Er is dus zeker reden om aan te nemen dat masseren stressverminderend kan werken. De onderzoeken die zijn gedaan, vonden alleen wel plaats onder heel specifieke omstandigheden. De kinderen werden meerdere keren per dag gemasseerd door iemand die daarvoor opgeleid was. Bovendien ging het om zogenaamde 'diepe' massage. De vraag is dus of massages zoals die zijn uitgevoerd door de leerlingen bij bovengenoemde activiteit hetzelfde effect hebben.

Tips

- Het is belangrijk dat er een veilige sfeer heerst in de klas en dat iedere leerling het gevoel heeft dat hij zijn grenzen aan kan geven. Stel daarom duidelijke regels op en let goed op de naleving daarvan.
- Moedig de gemasseerde leerlingen aan om aan degene die masseert te vertellen hoe de massage voelt: is het te hard, te zacht?

ACTIVITEIT 8: BEGRIJPEND LEZEN

Leerlingen lezen grondig een tekst over stress.

Subthema

Stressreacties

Doelen

- Leerlingen kunnen aangeven wat er allemaal belangrijk is in een tekst.
- De leerlingen leren meer over stress, hoe stress zich voordoet en hoe daar onderzoek naar wordt gedaan.

Duur

30 minuten

Werkvorm

Individueel, klassikaal nabespreken

Benodigdheden

- Tekst over stress 🕒
- Werkblad per twee leerlingen 🕒

Activiteit

De leraar maakt een koppeling tussen het project 'Stressreacties' en het onderwerp van begrijpend lezen, namelijk tekstbegrip. Stress is een veelvoorkomend onderwerp, er wordt veel over geschreven. Hoe wordt erover geschreven? Kan je alles geloven wat je leest? Vervolgens gaan de leerlingen aan de slag met de tekst en het werkblad.

Afronding

De opdrachten worden met de leerlingen besproken.

Verbinding met het thema

De leerlingen passen vaardigheden die bij begrijpend lezen horen toe op een tekst die gaat over stress. De activiteit is een voorbeeld van hoe het thema ook in andere onderdelen van het onderwijs terug kan komen.

Tips

- De online tekst 🕒 kan gemakkelijk vervangen worden door een andere tekst over stress.
- Extra kennis die uit de tekst is gehaald kan bijgeschreven worden op de 'dit weten we al'-muur. Vragen kunnen bijgeschreven worden op de vragenmuur.



Stap 3. Opzetten onderzoek

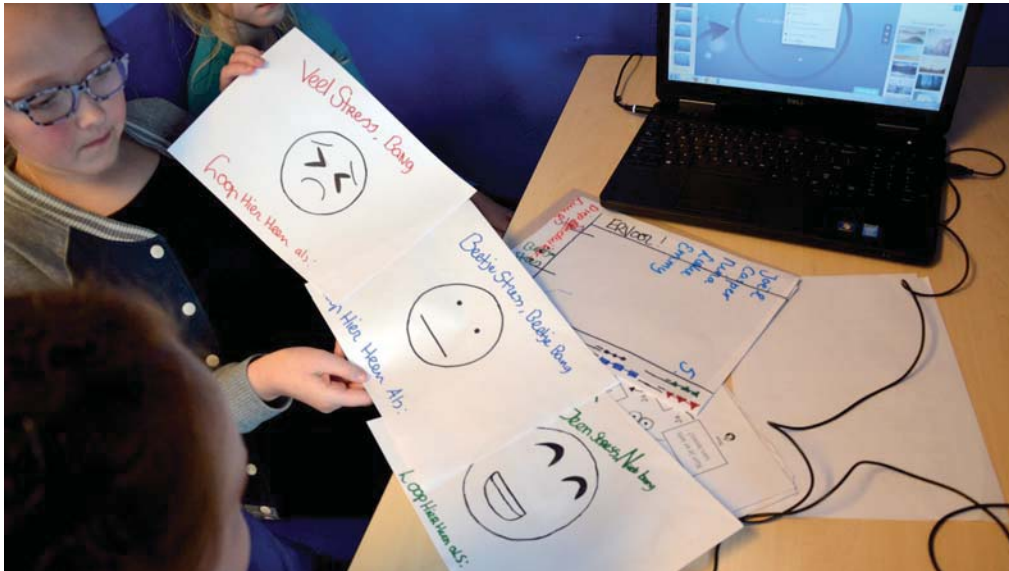
STAP 3A. DE ONDERZOEKSVRAAG

Hieronder staan vijf onderzoeksvragen die leerlingen van basisschool De Gazelle en de Dolfijn- klassen hebben geformuleerd en onderzocht. Waar dit voor de helderheid nodig was, zijn vragen soms aangepast. Deze vragen kunnen als voorbeeld dienen voor de leraar om een idee te krijgen van wat voor soort vragen leerlingen over dit onderwerp zouden kunnen stellen. Leerlingen zijn met goede begeleiding in staat om zelf een onderzoeksvraag te bedenken; de vragen hieronder zijn immers ook bedacht door leerlingen. Let er daarom op dat de leerlingen niet te vroeg worden gestuurd.

Per vraag is aangegeven bij welk subthema deze hoort en wat de verbinding is met het onderzoek in het eerste deel van dit hoofdstuk.

- 1 *Als je stress hebt, daalt je hartslag dan sneller als je naar rustige muziek luistert? (Subthema Stressvermindering)*
Een aantal van de activiteiten die we bij stap 2 hebben beschreven, richtten zich op manieren om stress te verminderen. Ook werd het effect van muziek gemeten vanuit rust. Deze onderzoeksvraag haakt daarop aan door te bestuderen hoe effectief het is naar rustige muziek te luisteren als je al aanwezige stress wilt verminderen.
- 2 *Is er een verschil in stressreactie (bevriezen/vluchten of vechten) tussen kinderen en volwassenen? (Subthema Stressreacties)*
De onderzoekers onderzochten stressreacties door te kijken naar hoe lang het een proefpersoon kost een akelig plaatje te vermijden dan wel te benaderen. Daarnaast onderzochten de leerlingen bij de activiteit 'vechten of vluchten' hoe lang het duurde voor ze hun hand in een voeldoos stopten. Bij deze onderzoeksvraag wordt die activiteit uitgebreid door dezelfde methode te gebruiken om het verschil tussen kinderen en volwassenen te onderzoeken.
- 3 *Doe je er langer over om een tafel op te zeggen als je iets engs vast hebt of als je niets vast hebt? (Subthema Stressgevoeligheid)*
Ook deze vraag speelt in op het onderzoek van de onderzoekers naar het bewust controleren van stressreacties door de hersenen. Ook onderzoekt de vraag hoe je prestaties veranderen als je ze onder stress moet uitvoeren.
- 4 *Wat doen kinderen van onze klas om stress te verminderen? (Subthema Stressvermindering)*
Tijdens de activiteiten hebben de leerlingen kennisgemaakt met verschillende manieren om stress te verminderen: een ademhalingsoefening, naar rustige muziek luisteren of je laten masseren. Om deze onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden, inventariseren de leerlingen bij hun klas- en schoolgenoten of er nog andere methoden zijn om stress te verminderen en hoe vaak die worden gebruikt.
- 5 *Krijgen kinderen uit groep 3 meer stress bij het zien of bij het vasthouden van een meelworm? (Subthema Stressgevoeligheid)*
De leerlingen hebben naar aanleiding van de activiteiten bij zichzelf en bij elkaar onderzocht wat voor hen stressprikkels zijn. Deze vraag haakt daarop aan door te onderzoeken of iets wat veel leerlingen als eng ervaren, meer stress opwekt bij zien of bij aanraken.

Stressreacties



Een leerling van De Gazelle gebruikt haar eigen meetinstrument om stress te meten

STAP 3B. HET ONDERZOEKSPLAN

Als voorbeeld laten we hieronder zien hoe een uitgewerkt plan er idealiter uit zou zien. Leerlingen zullen in hun antwoorden meer beknopt zijn. Online staan de door leerlingen uitgewerkte onderzoeksplannen van bovenstaande vragen [hier](#).

ONDERZOEKSPLAN VAN: Maartje, Güven, Jochem en Zoë



1. Wat is onze onderzoeksvraag?

Als je stress hebt, daalt je hartslag dan sneller als je naar rustige muziek luistert?

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

Er zijn verschillende oefeningen die je hartslag kunnen verlagen na inspanning of bij stress. Luisteren naar kalmerende muziek kan daar ook voor zorgen. Dit onderzoek wil het effect van kalmerende muziek testen na inspanning.

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

[Dit noemen onderzoekers een 'hypothese']

We denken dat je rustig wordt van kalmerende muziek. Dat zou betekenen dat je rustiger ademhaalt en dus ook dat je hartslag sneller omlaag gaat dan zonder naar kalmerende muziek te luisteren.

4. Naar welke personen of materialen doen we onderzoek?

Naar leerlingen uit de klas

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.]

Het verschil in hoe snel je hartslag daalt na inspanning. Dit meten we de ene keer zonder dat je naar kalmerende muziek luistert en de andere keer terwijl je wel naar kalmerende muziek luistert.

6. Op wat voor manier gaan we meten?

[Bijvoorbeeld met een testje, een vragenlijst of interviews]

We voeren het onderzoek uit bij 10 leerlingen. Van iedere proefpersoon moeten we weten wat zijn hartslag in rust is, zodat we kunnen meten hoe lang het duurt voor hun hartslag na inspanning weer rustig is. Daarom laten we de proefpersoon eerst drie minuten stilzitten op een stoel, waarna we de hartslag in rust meten met behulp van een hartslagmeter. Die schrijven we op in een tabel. Daarna laten we de proefpersoon een minuut *jumping jacks* doen. Met de hartslagmeter kunnen we zien hoe de hartslag van de proefpersoon verandert. Met een stopwatch timen we hoe lang het duurt voor de hartslag weer gelijk is aan de hartslag in rust. Als de proefpersoon weer rustig is, moet zij opnieuw een minuut *jumping jacks* doen. Dan geven we haar een koptelefoon met kalmerende muziek om te luisteren en meten opnieuw hoe lang het duurt voor de hartslag gelijk is aan de hartslag in rust.

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

Bij 10 leerlingen

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

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

We maken een tabel met kolommen: 'hartslag in rust', 'tijd zonder muziek' en 'tijd met muziek', en daarin schrijven we de resultaten.

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

Hetzelfde: hoelang de proefpersoon jumping jacks moet doen, de hartslagmeter, de muziek

Anders: wel of geen muziek na inspanning

10. Schrijf hieronder wanneer jullie de onderzoeksactiviteiten doen.

Activiteit:	Plaats/locatie:	Dag:	Tijd:
Tabel maken	In de klas	Dinsdag	13:00
Muziek uitzoeken	In de klas	Dinsdag	13:30
Hartslagmeter controleren	In de klas	Dinsdag	14:00
Onderzoek uitvoeren	Op het schoolplein	Woensdag	13:00

11. Welke hulp en materialen hebben we nodig?

- Hartslagmeter
- Stopwatch
- Telefoon of mp3-speler met een rustig muziekje en een koptelefoon
- Papier om de tijden op te noteren
- Pen

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

Alleen van de leraar van onze groep

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

Naam:	Taken:	Wanneer af:
Jochem en Güven	Tabel maken	Dinsdag
Maartje en Zoë	Muziek uitzoeken	Dinsdag
Jochem en Güven	Hartslagmeter en stopwatch vragen aan de leraar en controleren	Dinsdag
Maartje	Mp3-speler en koptelefoon meenemen	Woensdag
Maartje en Güven	Onderzoek uitvoeren	Woensdag
Jochem en Zoë	Resultaten opschrijven	Woensdag

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, de HAN Pabo en het (basis) onderwijs.

Expertise

De expertise van het WKRU ligt op het gebied van onderzoekend leren: een didactiek die een onderzoekende houding stimuleert. In de afgelopen jaren heeft het WKRU diverse materialen en hulpmiddelen ontwikkeld die leraren kunnen inzetten in hun klas. Deze materialen zijn gratis beschikbaar via www.wetenschapdeklasin.nl en www.wkru.nl. De kennis en ervaring van het WKRU op het gebied van onderzoekend leren blijft zich continu ontwikkelen. Dit gebeurt op basis van inzichten uit de literatuur, ervaringen in de klas, eigen onderzoek en uitwisseling met collega-onderzoekers in het vakgebied. Naast deze boekenreeks publiceert het WKRU ook regelmatig in vaktijdschriften en wetenschappelijke tijdschriften. Een overzicht van alle WKRU-artikelen is te vinden op de websites.

Activiteiten

Het WKRU biedt verschillende activiteiten aan voor (aankomend) leraren, scholen en onderzoekers. Elk jaar ontwikkelen drie projectteams van onderzoekers, leraren en pabo-studenten een project onderzoekend leren op basis van actueel wetenschappelijk onderzoek. Daarnaast organiseert het WKRU jaarlijks de Winterschool, een professionaliseringsdag over wetenschap en onderzoekend leren. Gedurende het schooljaar worden studiemiddagen, cursussen en coaching aangeboden op het gebied van onderzoekend leren. Bij het project 'Onderzoeker in de klas' brengen onderzoekers een bezoek aan een klas op de basisschool. Meer activiteiten van het WKRU zijn te vinden op de hoofdwebsite van het WKRU.

www.wkru.nl

www.wetenschapdeklasin.nl

 [@wkru1](https://twitter.com/wkru1)

 <http://Inked.in/WKRU1>

De boekenreeks

Tot nu toe zijn er achttien projecten met een wetenschappelijk thema ontwikkeld voor in de klas:

Boek 1: Angst, Grafeen en Denkbeelden over het begin (2012)

Boek 2: DNA*, Gedrag en Infecties onder de loep (2013)

Boek 3: Waarnemen en bewegen, Onder invloed en Gevaarlijke ideeën (2014)

Boek 4: Higgsdeeltje*, Netwerken in het brein en Wonderkind (2015)

Boek 5: Typisch Nederlands, Elkaar begrijpen* en Het oog (2016)

Boek 6: Molecuulbotsingen, Stress en Taal der zintuigen* (2017)

** Deze hoofdstukken worden vertaald naar het Engels en worden begin 2017 in boekvorm gepubliceerd.*

Aan de boekenreeks is een website gekoppeld, www.wetenschapdeklasin.nl, waar per project diverse materialen, filmpjes en werkbladen te vinden zijn. Daarnaast is de leidraad onderzoekend leren uit het meest recente boek online beschikbaar. Met uitzondering van het laatste boek staan tevens alle thematische hoofdstukken in digitale vorm op deze website.

Over de boekenreeks

De boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!* is een initiatief van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU). Met deze boeken wil het WKRU leraren, pabo-studenten en leerlingen uit de bovenbouw van het basisonderwijs kennis laten maken met wetenschappelijk onderzoek van de Radboud Universiteit. Het gaat daarbij om zowel alfa-, bèta- als gamma-onderzoek. De boeken zijn bedoeld om (aankomend) leraren ideeën te geven hoe zij, volgens de didactiek van onderzoekend leren, met wetenschappelijke thema's aan de slag kunnen in de klas. De boeken geven houvast bij het vormgeven van een project en kunnen een bron van inspiratie zijn voor leraren die wetenschap de klas in willen brengen.

Hoe komen de projecten tot stand?

De Radboud Universiteit reikt elk jaar een prijs uit aan drie topwetenschappers die in het afgelopen jaar een belangrijke doorbraak hebben gehad in hun onderzoeksgebied. Deze prijs, de *Radboud Science Award*, betekent voor de winnende onderzoekers dat zij hun onderzoek mogen vertalen naar activiteiten voor de bovenbouw van het basisonderwijs. Na de uitreiking van de Radboud Science Awards aan de start van het schooljaar, wordt rond elke winnaar een projectteam gevormd. Een projectteam bestaat uit de onderzoekers en hun teams, leraren van twee basisscholen, eventuele stagiair(e)s en het WKRU.

Ieder projectteam werkt een jaar lang samen aan de ontwikkeling van een project. In januari presenteren zij de ontwikkelde activiteiten voor het eerst op de Winterschool van het WKRU. Tijdens deze professionaliseringsdag op het gebied van Wetenschap & Technologie en onderzoekend leren geven de winnende onderzoekers een inhoudelijke lezing en verzorgen de projectteams een workshop aan collega-leraren, pabo-docenten en pabo-studenten.

Daarna gaat het project echt de klas in en maken de leerlingen kennis met het onderwerp. De bedoeling is dat leerlingen enthousiast en nieuwsgierig worden en dat er veel vragen bij hen opkomen. Ze formuleren uiteindelijk één vraag die ze zelf gaan onderzoeken.

Aan het eind van het schooljaar beschrijven de onderzoekers de inhoudelijke achtergrond van het project. Deze wordt samen met de ervaringen en activiteiten in de klas gebundeld tot een hoofdstuk in de boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!*.

Naast de thematische hoofdstukken bevat elk boek een leidraad onderzoekend leren. Deze leidraad wordt elk jaar herzien aan de hand van literatuur en ervaringen in de klas. Het is daarom aan te raden altijd de leidraad uit het meest recente boek te gebruiken. Het nieuwste boek wordt elk jaar in januari gepresenteerd op de Winterschool.

Sponsoren



KONINKLIJKE NEDERLANDSE
AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN

Radboud Universiteit



Radboudumc

Hogeschool  van Arnhem en Nijmegen

Institute for Molecular Life Sciences
Radboudumc

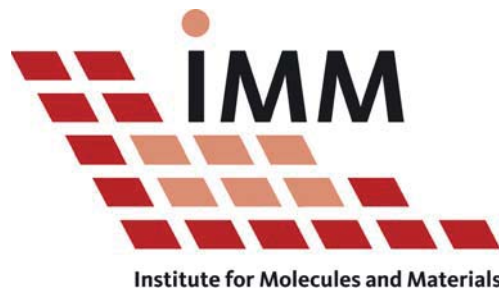


Foto- en illustratieverantwoording

Tenzij hieronder anders vermeld, zijn de foto's in deze uitgave gemaakt door het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit ©WKRU 2017. 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, tenzij in een integrale kopie van minimaal twee pagina's.

Hoofdstuk 2

- De stappen van onderzoekend leren, CC BY SA 4.0 WKRU p. 23
- Vragenmuur, CC BY SA 4.0 WKRU p. 27
- Onderzoeker Asifa Majid in het veld, © 2011 Niclas Burenhult p. 28
- Het vragenmachientje, CC BY SA 4.0 WKRU p. 35

Hoofdstuk 3

- Bas van de Meerakker, CC BY SA 4.0 WKRU p. 57
- De Stark-afremmer, foto Ludwig Scharfenberg p. 58
- Interferentiepatroon na botsing moleculen, publiek domein p. 60
- Glucosemolecuul, publiek domein p. 61
- Thermometer met temperatuurschaal, publiek domein p. 62
- Overzicht van de dichtheid van moleculen, publiek domein p. 63
- Constructieve interferentie; destructieve interferentie, CC BY SA 4.0 WKRU p. 63
- Interferentie van watergolven, CC BY SA 4.0 brewbooks p. 64
- Verschillende kleuren licht hebben een andere golflengte, CC BY SA 4.0 WKRU, aangepast van: Visible color wavelengths, CC BY SA 4.0 Miquel Perello Nieto p. 64
- Wit licht op een prisma, CC BY SA 4.0 Suidroot p. 64
- Zuurstofmolecuul met dubbele binding, CC BY SA 4.0 WKRU p. 69
- Thermometer met temperatuurschaal, publiek domein p. 72
- Overzicht van de dichtheid van moleculen, publiek domein p. 74
- Rolgoot, CC BY SA 4.0 WKRU p. 78
- Interferentiepatroon van laserlicht, CC BY SA 4.0 WKRU, aangepast van Single slit and double slit, CC BY SA 3.0 Jordgette: p. 84

Hoofdstuk 4

- Bootongeluk, publiek domein: p. 92
- Karin Roelofs, CC BY SA 4.0 WKRU: p. 93
- Schematisch overzicht van benader-en-vermijdaak, CC BY SA 4.0 WKRU, samengesteld uit: p. 95
 - Blij en boos gezicht, CC BY SA 2.0 tenthousandcubans
 - The Arcade Turbo Joystick, CC BY SA 3.0 S. de Vries
 - MRI-scanner, foto Karin Roelofs
- Politieagenten maken veel stressvolle situaties mee, CC BY SA 2.0 Jos van Zetten: p. 97
- De amygdala, CC BY SA 2.1. Japan. Bodyparts3D The Database Centre for Life Science: p. 98
- Autonome zenuwstelsel, CC BY SA 4.0, samengesteld uit: : p. 100
 - Central nervous system, CC BY SA 3.0 Jordi March I Nogué
 - Pupilverchilschema, CC BY SA 3.0 Pim
 - Vecht/vlucht/bevries-cartoon, © Karin Roelofs

- MRI-scanner, foto Dick van Aalst p. 101
- Onverwachte toets, CC BY SA 4.0 WKRU p. 106

Hoofdstuk 5

- Asifa Majid, CC BY SA 4.0 WKRU p. 131
- Straatnaam Nieuwmarkt, CC BY AS 3.0 Helanhuaren p. 131
- Kleurenspectrum, CC BY SA 4.0 WKRU, aangepast van: Colors of the visible light spectrum, CC BY SA 3.0 Meganbeckett27 p. 132
- Lichtblauw/donkerblauw, CC BY SA 4.0 WKRU p. 132
- Aboriginal lichaamsverf, CC BY SA 2.0 Didrik Johnck p. 133
- Hoog/laag, CC BY SA 4.0 Asifa Majid p. 134
- Dik/dun, CC BY SA 4.0 Asifa Majid p. 135
- Onderzoeker Asifa Majid in het veld, © 2011 Niclas Burenhult p. 136
- Tijger, CC BY SA 3.0 Tu7uh p. 136
- Trassie oedang, publiek domein p. 136
- Rubberboom, CC BY SA 3.0 Ji-Elle p. 136
- Jahai-man laat wilde gember zien, © 2011 Niclas Burenhult p. 139
- Onderzoek in het babylab van de Radboud Universiteit, foto Dick van Aalst p. 140
- Dik/dun en Hoog/laag, CC BY SA 4.0 WKRU p. 141
- Leraren op de Winterschool, CC BY SA 4.0 WKRU p. 145
- Cats suggested as the fifty-three stations of the Tokaido, publiek domein p. 161

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.