

Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Geloof jij het?, Een neus voor onderzoek en Samenwerkende zintuigen

Sanne Dekker & Hanne Kause (redactie) Hoofdstuk 4: Samenwerkende zintuigen



Sanne Dekker & Hanne Kause (redactie)



Colofon

Redactie: Sanne Dekker & Hanne Kause

Beeldredactie: Hanne Kause & Jan van Baren-Nawrocka

Opmaak: Jimmy Israël

Druk en afwerking: Tuijtel, Hardinxveld-Giessendam

Coverfoto voorzijde: Judith Offermans, © 2022 WKRU

Coverfoto achterzijde: Hanne Kause, © 2022 WKRU

Eerste druk, januari 2022

ISBN: 978-90-830422-3-7

NUR-code: 190

Wilt u een exemplaar bestellen?

Ga naar: www.wkru.nl/boek

Uitgave:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

FNWI, postvak 77

Postbus 9010

6500 GL Nijmegen

Nederland

E-mail: infowkru@ru.nl

Telefoon: 024 366 72 22

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



2022 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

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

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

Voor afbeeldingen gelden andere licentievoorwaarden; zie foto- en illustratieverantwoording achterin dit boek (p.124).



Foto: Mathijs Zwanenburg

Hoofdstuk 4 Samenwerkende zintuigen

In dit hoofdstuk beschrijven we een project onderzoekend leren met als thema ‘Samenwerkende zintuigen’. Het thema is gebaseerd op het onderzoek van dr. Tessa van Leeuwen, dr. Mark Dingemanse en hun team naar hoe zintuiglijke ervaringen met elkaar verbonden zijn. Het hoofdstuk bestaat uit twee delen. In paragraaf 4.1 leggen de onderzoekers uit hoe ze een verborgen logica hebben ontdekt in de manier waarop we klanken en kleuren aan elkaar koppelen. Leraren kunnen deze paragraaf gebruiken om zichzelf en hun leerlingen inhoudelijk voor te bereiden op het thema. In paragraaf 4.2 beschrijven we diverse activiteiten waardoor leerlingen dit thema in de klas kunnen ervaren en inspiratie kunnen opdoen voor hun eigen onderzoek. Deze activiteiten zijn onderdeel van stap 1 en 2 (‘introductie’ en ‘verkennen’) van het onderzoekend leren. We raden leraren aan om de ‘Leidraad onderzoekend leren’ (Van Baren-Nawrocka & Dekker, 2019)  als uitgangspunt te nemen bij de uitvoering van dit project in de klas. Hierin staat een uitgebreide beschrijving van de zeven stappen van onderzoekend leren.

Kerdoelen voor dit thema

Natuur en techniek

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.

Mens en samenleving

35. De leerlingen leren zich redzaam te gedragen in sociaal opzicht, als verkeersdeelnemer en als consument.

Radboud Science Team ‘Samenwerkende zintuigen’

Het project ‘Samenwerkende zintuigen’ is in het schooljaar 2020-2021 ontwikkeld door een team van onderzoekers van de Radboud Universiteit, basisschoolleraren en het WKRU. Het Radboud Science Team ‘Samenwerkende zintuigen’ bestond uit de volgende personen:

Onderzoekers Radboud Universiteit

Dr. Mark Dingemanse (universitair hoofddocent), dr. Tessa van Leeuwen (universitair docent en gast-onderzoeker), Eline van Petersen MSc (onderzoeksassistent), Jelle van der Werff BSc (student). Mark Dingemanse is werkzaam bij het onderzoeksinstituut Centre for Language Studies aan de Faculteit der Letteren. Jelle van der Werff is student van de onderzoeksmaster Linguistics and Communication Sciences aan deze faculteit. Tessa van Leeuwen is werkzaam bij de afdeling Communicatie en Cognitie aan de Tilburg University en is, evenals Eline van Petersen, verbonden aan het Donders Instituut voor Brein, Cognitie en Gedrag aan de Radboud Universiteit.

School

Basisschool de Gazelle in Arnhem: Paulien van Tongeren, Mathijs Zwanenburg en Maureen Hamstra (leraren).

WKRU

Hanne Kause (projectleider).



Dr. Tessa van Leeuwen

“Als kind had ik het altijd met mijn broertje over welke kleuren de dagen van de week hadden. We hadden daar hele discussies over, want we waren het nooit met elkaar eens. Mijn ouders begrepen niets van wat wij zeiden, want zij zagen geen kleuren voor dagen van de week. Ik wist niet dat dit verschijnsel synesthesie heette. Daar kwam ik pas achter toen ik 20 was en iemand op de universiteit erover vertelde. Toen dacht ik: dat heb ik ook! En toen vond ik het zo interessant dat ik er heel veel over ben gaan lezen, en het ben gaan onderzoeken. Wat ik toen (en nog steeds) zo leuk vond aan synesthesie is dat het heel duidelijk maakt dat iedereen de wereld anders ziet. Mijn alfabet heeft kleuren, maar dat van andere mensen niet. Hoe kan dat? Hoe doen onze hersenen dat? En hoe kun je meten of iemand de wereld anders ziet? Ik vind dit nog steeds hele interessante vragen. Dat is ook het mooie aan onderzoek doen, dat je zelf kunt kiezen wat je wilt onderzoeken. Zo doe je altijd iets wat je leuk vindt.” *(Foto: Gerard Verschooten)*



Dr. Mark Dingemanse

“Ik had eigenlijk nooit gedacht dat ik taalwetenschapper zou worden, want ik wist niet dat dat bestond. Als kind las ik alles was los en vast zat maar lag ik ook uren op mijn buik om de geelgerande watertor te zien. Min of meer bij toeval belande ik bij een open dag van de studie Talen en Culturen van Afrika in Leiden. Reizen en onderzoek doen naar hoe taal werkt sprak me enorm aan. Als ik nu om me heen kijk zie ik een wereld die gemaakt is van taal. Of eigenlijk: gemaakt door mensen met taal. Van kindsaf aan zijn we ondergedompeld in geroezemoes. Al rebbelend en roddelend maken we vrienden en vijanden. We geven ons leven betekenis met verhalen. De kaleidoscoop van indrukken die onze zintuigen binnenstroomt wordt gesorteerd en behapbaar gemaakt met behulp van taal. Zelfs de meeste fysieke aspecten van onze leefwereld —van hemd tot huis, van fiets tot pad, en van geld tot koopwaar— zouden niet bestaan zonder taal. Taal is voor de mens wat water is voor de vis: cruciaal voor wie we zijn en tegelijk zo alledaags dat het niet opvalt. Ik voel me bevoorrecht dat ik daar onderzoek naar kan doen.” *(Foto: Jimmy Israël)*

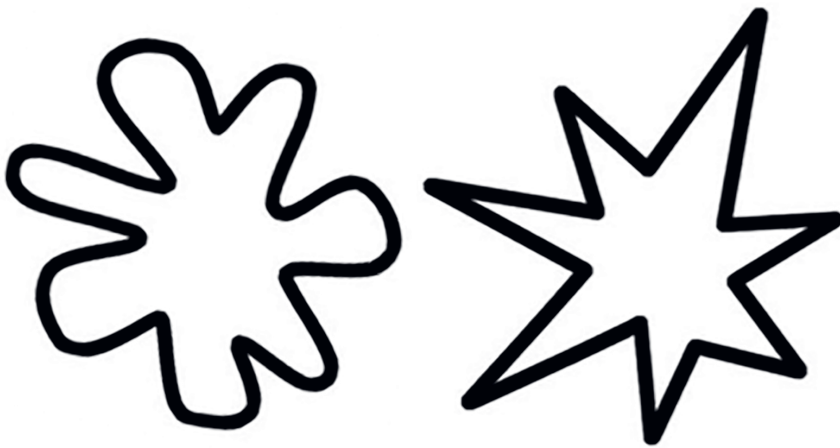
4.1 Onderzoek naar samenwerkende zintuigen

Dr. Tessa van Leeuwen en dr. Mark Dingemanse

Ook al hebben we het niet altijd door, onze zintuigen werken altijd samen. Als je iemand ziet praten, bijvoorbeeld, verwerken je hersenen automatisch tegelijkertijd het geluid van de woorden en de bewegingen van de lippen. Omdat onze zintuigen altijd samenwerken zijn onze hersenen erg gevoelig voor dingen die 'samenhoren' en goed bij elkaar passen. Dit kan informatie uit verschillende zintuigen zijn. Denk bijvoorbeeld aan de hoge snerpende toon van een slijptol. Zou je deze toon eerder associëren met een lichte, felle kleur, of met een donkere kleur? En als je denkt aan langzame pianomuziek, past daar dan beter een lichte of donkere kleur bij?

Dit soort associaties noem je ook wel *crossmodale associaties*: verschillende soorten informatie, vaak afkomstig uit verschillende zintuigen, die desondanks bij elkaar passen, en wel op zo'n manier dat het door heel veel mensen logisch wordt gevonden. Hier zijn veel verschillende voorbeelden van. Zo associëren veel mensen lage tonen met donkere kleuren, en hoge tonen met lichte kleuren. Mensen plaatsen hoge tonen vaak hoog in de ruimte, terwijl het andersom is voor lage tonen.

Een andere vorm van crossmodale associatie is die tussen klank en vorm. In 1929 liet onderzoeker Köhler ronde en puntige vormen aan proefpersonen zien, samen met de woorden *maluma* en *takete*. Hij ontdekte dat proefpersonen voor de ronde vorm vaker *maluma* kozen, en voor de puntige vorm *takete*. Een bekende variant van dit onderzoek is het *Bouba-Kiki-effect* (zie afbeelding), naar een soortgelijk onderzoek van Ramachandran en Hubbard, die lieten zien dat 95% van de mensen de naam 'Bouba' kiest voor de ronde vorm. Dit heeft te maken met de vorm van de mond bij het uitspreken van de medeklinkers en klinkers in de 'nonsens-woorden' in deze onderzoeken. De vorm van de mond bij het uitspreken van 'Bouba' past beter bij een ronde vorm. Deze associaties zijn een vorm van klanksymboliek (zie Achtergrondinformatie 'Klanksymboliek in taal').



Eén van deze twee vormen heet Bouba, en de andere Kiki. (Afbeelding: Mark Dingemanse, Marcus Perlman en Pamela Perniss)

In het onderzoek waarmee we de Radboud Science Award hebben gewonnen, keken we naar associaties tussen gesproken klinkers en kleuren: ook daarbij is de vorm van de mond van belang. Bij een "aa" is je mond bijvoorbeeld op een heel andere manier open dan bij "i". We wilden onderzoeken welke associaties er zijn tussen klinkers en kleuren en of die associaties willekeurig zijn of juist heel gestructureerd. Ook wilden we graag kijken naar individuele verschillen tussen mensen.

Bij synestheten zijn de zintuigen op een ongewone manier gekoppeld

Niet iedereen is even gevoelig voor crossmodale associaties tussen verschillende soorten zintuiglijke informatie. Sommige mensen hebben dit heel sterk en koppelen op een bijzondere manier waarnemingen aan elkaar: ze zien bijvoorbeeld kleuren voor letters, proeven smaken voor muziek of zien juist kleuren voor smaken. Deze koppelingen zijn heel sterk en automatisch. Dit komt bij ongeveer 1 op de 25 mensen voor: deze mensen hebben synesthesie (zie Achtergrondinformatie 'Synesthesie'). Een voorbeeld van iemand met synesthesie is de schrijver Nabokov: voor hem had "aa" de kleur van gepolijst ebbenhout en was de "ie" mooi geel. Hij zag dus kleuren voor klinkers. Voor artiest Pharrell Williams is het ondenkbaar dat hij géén gekleurde vormen zou zien voor de muziek die hij componeert.

Eén van de vragen die wij hadden in ons klinker-kleur onderzoek, is of synestheten een heel andere strategie hebben om kleuren aan letters en klanken te koppelen dan mensen zonder synesthesie. Of doen synestheten dat op dezelfde manier, maar is bij klank-kleur synestheten de associatie tussen de klank en kleur gewoon veel sterker dan bij niet-synestheten?

Grote aantallen

Om dit soort associaties te onderzoeken, is het nodig om grote aantallen mensen te testen. Zo doen allerlei mensen mee, die meer of minder gevoelig zijn voor klank-kleur associaties of zelfs synestheet zijn. Wij konden een grote groep mensen bereiken omdat ons klank-kleur onderzoek onderdeel was van het Groot Nationaal Onderzoek (GNO) 'Hoe werken jouw zintuigen samen?'. Dit GNO hebben wij in 2015 uitgevoerd in samenwerking met de NTR en met steun van NWO. Het GNO bestond uit een website met allerlei kleine experimenten waarin mensen gevraagd werd zintuiglijke ervaringen met elkaar te verbinden (zie 'Verder lezen, kijken en luisteren'). De meeste experimenten duurden niet langer dan 10 minuten, wat ervoor zorgde dat het erg laagdrempelig was en wel duizenden



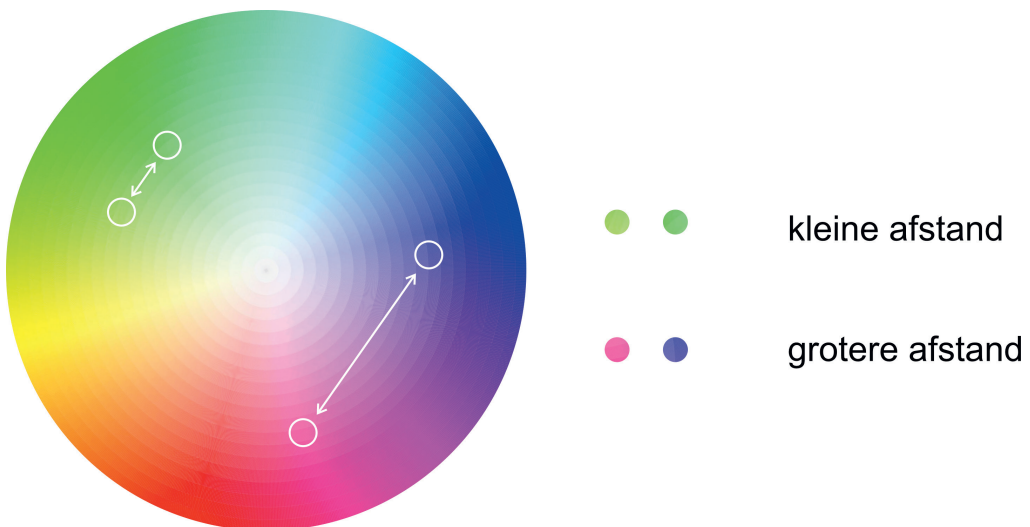
Voorbeeld van een letter-kleur associatietest. (Afbeelding: Basten Rolf Stokhuyzen)

mensen meededen. Zo konden we voor een breed scala aan mensen uitzoeken wat voor associaties ze hebben en in hoeverre die op elkaar lijken. Omdat er zoveel mensen meededen konden we ook synestheten herkennen en vergelijken met niet-synestheten.

Van grappig testje naar wetenschappelijk experiment

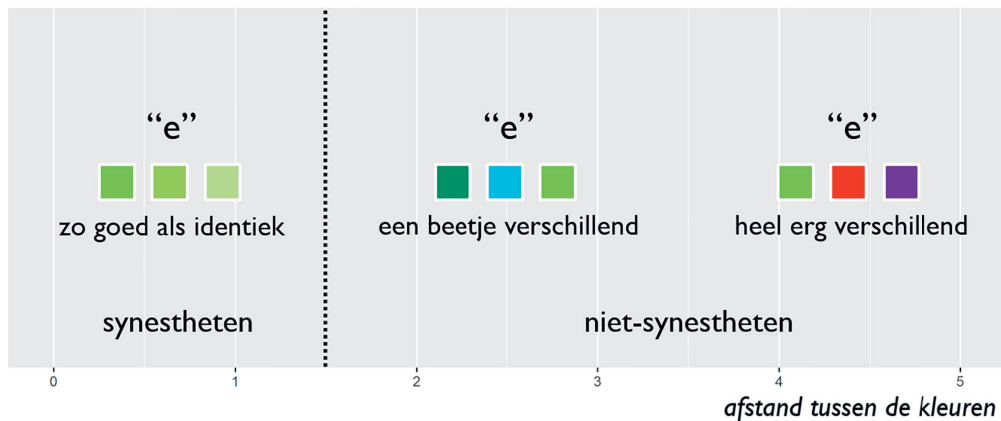
In de afbeelding onderaan de vorige pagina zie je een voorbeeld van één van de testjes in ons onderzoek: een letter-kleurtest. Deelnemers zien een "e" en mogen daarbij een kleur kiezen. Dat doen ze voor allerlei letters, in een willekeurige volgorde: e, a, t, m, c, n, t, e, d, enzovoort. Tot zover lijkt het misschien vooral een grappig testje (en dat is ook de bedoeling: we willen immers dat zoveel mogelijk mensen het doen). Maar drie cruciale aspecten zorgen ervoor dat we het kunnen gebruiken als een wetenschappelijk experiment. Ten eerste: het zijn teveel keuzes om allemaal te onthouden. Zo keken we bijvoorbeeld naar het hele alfabet (26 letters) en naar een set van 16 klinker-klanken. Ten tweede: in de volledige test komt elke letter of klank drie keer voor. Deelnemers geven dus drie keer aan welke kleur bij "e" past, en zo voor elk van de letters (voor het alfabet maken ze dus in de test in totaal wel 78 keuzes). Ten derde: het kleurenspectrum waaruit de deelnemers kiezen is elke keer anders georiënteerd. Alle kleuren zijn er gewoon, maar soms is de volgorde paars-rood-geel-groen, dan weer groen-blauw-paars-rood, enzovoort. Dat zorgt ervoor dat ze erg hun best moeten doen om precies dezelfde kleur te kiezen. En het voorkomt dat mensen die gewoon elke keer in dezelfde hoek klikken (om maar snel door de test heen te komen) steeds dezelfde kleur kiezen.

Kortom: in deze test is het *moeilijk* om elke keer voor "e" precies dezelfde tint te kiezen, omdat er teveel keuzes zijn om te onthouden, omdat de letters in een willekeurige volgorde aan je voorbij trekken en omdat de kleuren steeds ergens anders staan. Door de kleuren die voor dezelfde letter gekozen zijn met elkaar te vergelijken, kunnen we onderzoeken hoe makkelijk of hoe automatisch die associaties voor deelnemers zijn. We doen dat door te kijken naar de afstand tussen de gekozen kleuren (zie afbeelding). Met 'afstand' bedoelen we vrij letterlijk hoe dicht de kleuren bij elkaar liggen in het kleurenspectrum.



De afstand tussen twee kleuren wordt bepaald door hoe dicht de kleuren bij elkaar liggen in het kleurenspectrum. (Afbeelding: Mark Dingemans)

De meeste mensen zullen niet een heel sterke kleurassociatie hebben bij “e”, en doen dus maar wat. Dan kiezen ze al snel kleuren die redelijk of zelfs heel erg van elkaar verschillen (zoals hieronder in de afbeelding, midden en rechts). Links zie je hoe de associaties van typische synestheet eruitzien: zo goed als identiek. Over de hele test kijken we naar de *consistentie* van de kleurkeuzes. Dat doen we door de afstand tussen de kleurkeuzes uit te drukken in een getal. Dat getal van consistentie kan variëren van 0 tot ongeveer 6. Als iemand qua kleurafstand onder de 1,5 scoort, beschouwen we diegene in de regel als synestheet. Misschien heeft een niet-synestheet ook wel eens drie dezelfde keuzes voor één of twee letters, maar voor het hele alfabet, of voor 16 verschillende klanken, is dat een stuk onwaarschijnlijker. Zo kunnen we dus synestheten onderscheiden van niet-synestheten.



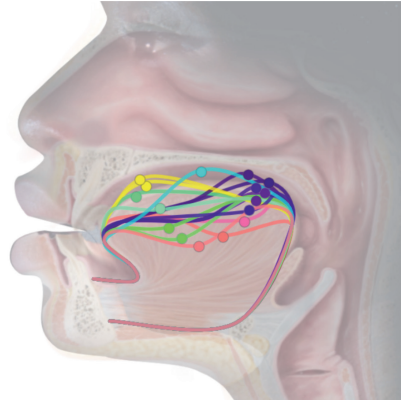
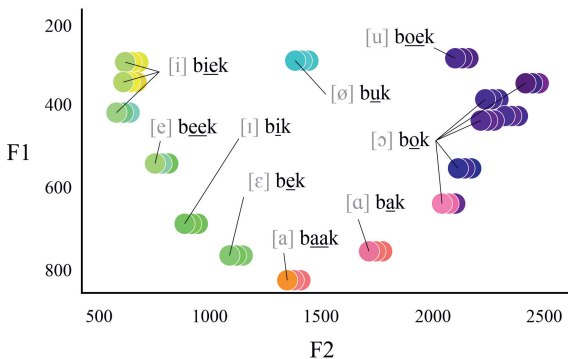
Vergelijking van wat drie deelnemers kozen voor "e". (Afbeelding: Mark Dingemanse)

Van letters naar klinkers: de klinkerruimte

In het onderzoek gingen we nog een stapje verder en lieten we mensen *klanken* horen om kleuren mee te associëren. De test zag er ongeveer zo uit als hierboven, maar in plaats van “e” te zien hoorden deelnemers een klank. En met die klanken was iets bijzonders: ze waren zo gekozen dat ze verspreid lagen door de *klinkerruimte*.

De klinkerruimte is een technische term die taalwetenschappers gebruiken om klinkers (klanken zoals *a, e, i, o, u*) in te delen en te vergelijken. Klinkers bestaan zoals elk geluid uit bepaalde frequenties. Als je de twee belangrijkste frequenties (F1 en F2) tegen elkaar afzet in een grafiek kun je elke willekeurige klinkerklank in die ruimte plaatsen (zie afbeelding op de volgende pagina). Elke punt in de grafiek is een klank uit het experiment, met daarbij de kleuren die een synestheet ermee associeerde.

In het Nederlands klinken overigens niet al die punten als verschillende klinkers. Bij elke klank of groepje klanken staat een fonetische letter die het meest op de klank lijkt en die overeenkomt met een Nederlandse klinker: *i* (lamb*ie*k), *ɪ* (b*i*k), *e* (beek), *ɛ* (b*e*k), *a* (baak), *ɑ* (b*a*k), *ɔ* (b*o*k), *u* (boek) en *ø* (b*u*k). In de afbeelding zie je ook hoe de klank met de tong in de mond gemaakt wordt. Een klinker zoals de *i* van lamb*ie*k wordt voor in de mond gemaakt, met de tong aan de voorkant tegen het gehemelte gedrukt, terwijl de tong bij de *a* van baak juist laag in de mond ligt.



Links: De klinkerruimte met daarin de kleurassociaties van een synestheet. Rechts: Dezelfde klinkers afgebeeld naar hoe ze met de tong gemaakt worden. (Afbeelding: Christine Cuskley en Mark Dingemans)

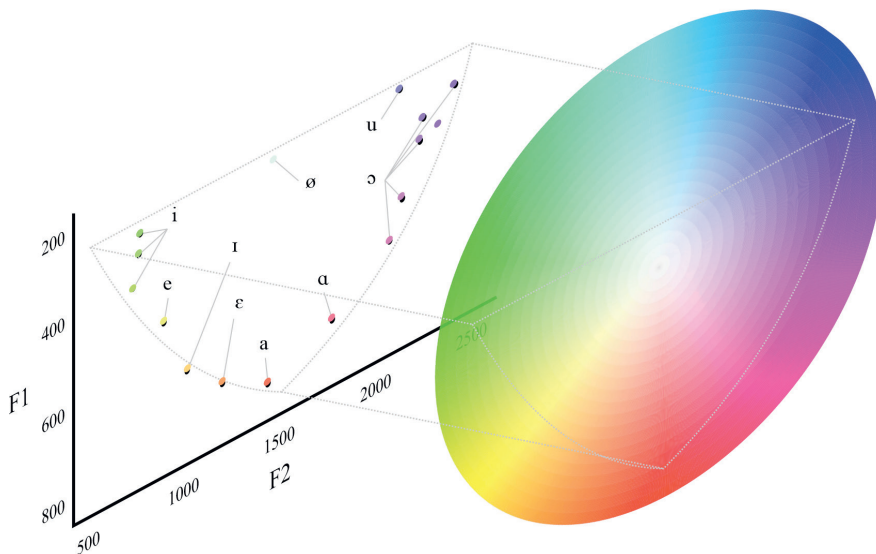
Wat we vonden: hoe de kleurencirkel op de klinkerruimte past

Alle ingrediënten van ons onderzoek liggen nu op tafel: een test die uitdagend is en daardoor een goede maat is voor de consistentie van kleurassociaties. Een set van 16 klanken verspreid door de klinkerruimte. Een stuk of 1000 deelnemers zodat we synestheten kunnen onderscheiden van niet-synestheten. Dus wat vonden we?

Drie bevindingen sprongen eruit. Ten eerste: er was een groep deelnemers die extreem consistente keuzes maakten, wat laat zien dat synesthesie voor klanken en kleuren bestaat. De kleurassociaties in de afbeelding hierboven zijn van één van die synestheten: elk rondje geeft een keuze weer, en bij elk punt in de klinkerruimte zijn de drie rondjes nagenoeg dezelfde kleur. Synesthesie gaat dus niet alleen over het associëren van letters met kleuren, maar veel mensen hebben het ook met klanken en kleuren.

Ten tweede vonden we dat de associaties samenhangen met taal. Aan de kleurassociaties konden we zien dat deelnemers de klanken onbewust sorteerden in groepjes van klinkers: bijvoorbeeld de "ie"-achtige klanken versus de "ee"-achtige klanken versus de "aa"-achtige klanken. De "ie"-achtige klanken werden vaak als gelig aangeduid, terwijl de "ee"-achtige vaak als meer groen werden beleefd en de "aa" meer als rood. Dat betekent dat de klinkercategorieën die we als taalgebruikers geleerd hebben (a, e, i, o, u) een rol spelen bij de koppeling die synestheten maken tussen klanken en kleuren.

Ten derde ontdekten we dat veel mensen, synestheet of niet, klinkers en kleuren op dezelfde manier koppelen. Zo kozen veel deelnemers lichtere kleuren voor "ie" dan voor "oe", en kozen veel mensen rood voor "aa". Het lijkt wel of iedereen geneigd is om de kleurencirkel op dezelfde manier over de klinkerruimte heen te leggen (zie afbeelding op de volgende pagina). Er zit dus een verborgen logica achter kleurenkoppelingen die hetzelfde is voor synestheten en niet-synestheten. Hoewel synestheten dus uitblinken in de *consistentie* van hun associaties, doen ze het wat betreft de *aard* van de associaties in grote lijnen hetzelfde als ieder ander. De bijzondere ervaringen van synestheten lijken dus uiteindelijk geworteld in bepaalde principes die voor iedereen gelden.



De klankerruimte en de kleurencirkel. (Afbeelding: Mark Dingemanse)

Hoe nu verder?

We hebben nu gezien dat onze zintuigen altijd samenwerken en dat onze hersenen gevoelig zijn voor zintuiglijke informatie die goed bij elkaar past. In reclames wordt gebruik gemaakt van dit soort inzichten, bijvoorbeeld door een bepaald idee op te roepen met een merknaam. Zo klinkt de naam 'Swiffer' snel, schoon, en licht: toch best goed voor een dweil op een stok. Wij zochten uit hoe dit werkt voor klanken en kleuren in een grote groep mensen om te kunnen zien hoe mensen daarin op elkaar lijken en van elkaar verschillen. Ons onderzoek werpt nieuw licht op hoe onze zintuigen werken en hoe informatie in het brein verwerkt wordt: op dat gebied heeft de wetenschap nog veel open vragen.

We hebben dan ook veel vervolgvragen. Zo willen we bijvoorbeeld graag weten of synesthesie lijkt op autisme in hoe je naar de wereld kijkt. Mensen met autisme zijn namelijk vaak overgevoelig of juist minder gevoelig voor bepaalde prikkels, en daarom nemen ze hun omgeving anders waar. Uit de eerste resultaten van dit vervolgonderzoek zien we daar enkele aanwijzingen voor. Verder vragen we ons af of de inzichten uit dit soort onderzoek misschien gebruikt zouden kunnen worden bij het ontwikkelen van lesmaterialen op het gebied van lezen en schrijven. Zo weten we nu bijvoorbeeld dat rood de meest natuurlijke kleur is voor een "a", en groen voor een "e". Misschien kan dat wel helpen bij het leren lezen. En daarnaast vragen we ons af hoe synesthesie precies samenhangt met klanksymboliek: ons gevoel voor hoe klank en betekenis samenhangen in woorden als *Boeba* en *Kiki*.

In synesthesie worden verschillende zintuiglijke ervaringen op onverwachte wijze met elkaar in verband gebracht. Tegelijk blijkt uit ons onderzoek dat achter die onverwachte associaties een bepaalde logica zit die veel breder gedeeld wordt, en die ons iets vertelt over het samenspel van de zintuigen. Daarbij blijven er volop open vragen en ideeën voor nieuw onderzoek. Het samenspel van de zintuigen blijft verrassen!

Referenties

- Cuskley, C., Dingemanse, M., Kirby, S. & van Leeuwen, T.M. (2019). Cross-modal associations and synesthesia: Categorical perception and structure in vowel–color mappings in a large online sample. *Behavior Research Methods* 51(4). 1651–1675. (doi:10.3758/s13428-019-01203-7)
- Dingemanse, M., Perlman, M. & Perniss, P. (2020). Construals of iconicity: experimental approaches to form–meaning resemblances in language. *Language and Cognition* 12(1). 1–14. (doi:10.1017/langcog.2019.48)
- Dolscheid, S., Hunnius, S., Casasanto, D. & Majid, A. (2014). Prelinguistic Infants Are Sensitive to Space–Pitch Associations Found Across Cultures. *Psychological Science* 25(6). 1256–1261. (doi:10.1177/0956797614528521)
- Van Leeuwen, T.M., Burghoorn, F., Van Petersen, E., Dingemanse, M., Van Lier, R. (2019). Autistic traits in synaesthesia: atypical sensory sensitivity and enhanced perception of details. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374. Doi: 10.1098/rstb.2019.0024
- Ramachandran, V.S. & Hubbard, E.M. (2001). Synaesthesia: a window into perception, thought and language. *Journal of Consciousness Studies* 8(12). 3–34.
- Seaberg, M. (2012). Synesthetes: "People of the Future". *Psychology Today*. Geraadpleegd van www.psychologytoday.com/intl/blog/sensorium/201203/synesthetes-people-the-future
- Simner, J., Mulvenna, C., Sagiv, N., Tsakanikos, E., Witherby, S.A., Fraser, C., Scott, K. & Ward, J. (2006). Synaesthesia: The Prevalence of Atypical Cross-Modal Experiences. *Perception* 35(8). 1024–1033. (doi:10.1068/p5469)
- Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics* 73(4). 971–995. (doi:10.3758/s13414-010-0073-7)
- Ward, J., Huckstep, B. & Tsakanikos, E. (2006). Sound–Colour Synaesthesia: to What Extent Does it Use Cross-Modal Mechanisms Common to us All? *Cortex* 42(2). 264–280. (doi:10.1016/S0010-9452(08)70352-6)

Onderzoek naar samenwerking tussen zintuigen

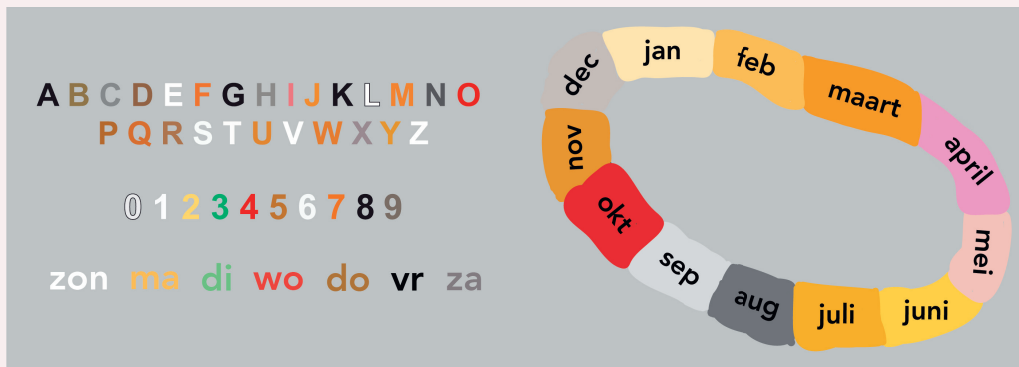
In onderstaand kader geven dr. Tessa van Leeuwen en dr. Mark Dingemanse een voorbeeld van hoe zij onderzoek hebben gedaan naar samenwerking tussen zintuigen. Ze beschrijven hun onderzoeksvraag, de manier waarop ze deze vraag probeerden te beantwoorden, de resultaten die het onderzoek opleverde en de vervolgvragen die het onderzoek oproept. Hiermee willen we het verband laten zien tussen de aanpak van een onderzoeker en die van de leerlingen.

Onderzoeksvraag	Als mensen kleuren koppelen aan klinkers, doen ze dat dan willekeurig, of hangt de gekozen kleur af van de klank van de klinker? En zijn de koppelingen tussen klinkers en kleuren anders voor synestheten dan voor niet-synestheten? Met andere woorden, liggen dezelfde onderliggende mechanismes aan de basis van crossmodale associaties en synesthesie?
Hypothese	De koppelingen tussen kleuren en klinkers hangen af van de klanken, en bij synestheten is deze koppeling tussen klanken en kleuren hetzelfde als bij niet-synestheten.
Hoe doen we dit onderzoek?	In dit onderzoek laten we deelnemers testjes maken op een website. Zo konden er veel mensen meedoen. Er waren verschillende testjes: bijvoorbeeld over taal en zintuigen, en de klinker-kleuren test, maar ook synesthesie-testjes om te kijken wie van de deelnemers synesthesie hadden (bijvoorbeeld letter-kleur of cijfer-kleur synesthesie). De tests zitten slim in elkaar, zodat we kunnen zien of mensen de test serieus gemaakt hebben of zomaar wat deden.
Resultaten	We ontdekten dat er een patroon zat in welke kleuren mensen kozen voor welke klinkers. De klinkers "e" en "i" worden bijvoorbeeld vooral gekoppeld aan de kleuren groen en geel, terwijl de klinkers "a" en "o" meer aan rood en blauw werden gekoppeld. Ook krijgen alle klanken die je in hoofd 'hoort' als een "a", de kleur van een "a" – ook als de klank eigenlijk tussen de "a" en de "e" inzit. Dit gold ook voor de andere klinkergeluiden. Onder de deelnemers waren veel synestheten, en zij maakten dezelfde kleur-koppelingen als de niet-synestheten. Het bleek wel dat voor synestheten de kleurkeuzes nog meer afhingen van de klanken van de klinkers: de koppelingen waren sterker.
Conclusie	De koppelingen tussen kleuren en klinkers hangen inderdaad af van de klanken van de klinkers. Bij welke klinker je een klank indeelt in je hoofd, bepaalt welke kleur die klank krijgt. Bij synestheten is de koppeling tussen specifieke klanken en kleuren gebaseerd op dezelfde principes als bij niet-synestheten, maar de koppelingen lijken sterker in synestheten.
Wat betekenen deze resultaten voor het dagelijks leven van kinderen?	Ook in je dagelijks leven kom je heel veel klanken, taal, en kleuren tegen. Sommige kleuren passen beter bij bepaalde woorden en klanken dan andere, en dat maakt het soms makkelijker om informatie te begrijpen en te onthouden. Hier wordt bijvoorbeeld in reclames gebruik van gemaakt.
Wat willen we nog meer onderzoeken?	We willen nog graag onderzoeken of de verschillen die we vonden tussen synestheten en niet-synestheten voor klinker-kleur koppelingen ook bij andere combinaties van zintuigen te vinden zijn. Bijvoorbeeld bij muziek-kleur of cijfer-kleur associaties. Verder zou het interessant zijn om te onderzoeken of je er voordeel van hebt om goed te zijn in het koppelen van verschillende soorten informatie van je zintuigen. Ook willen we graag uitzoeken of synesthesie lijkt op autisme in hoe je naar de wereld kijkt.

ACHTERGRONDINFORMATIE

Synesthesie

Ongeveer 1 op de 25 mensen heeft synesthesie. Mensen met synesthesie hebben ongewone, extra zintuiglijke ervaringen bij hele gewone sensaties. Zo zien sommige synestheten bijvoorbeeld kleuren bij letters (zie afbeelding), ook al zijn de letters op het papier gewoon zwart, of ze zien kleuren voor muziek, terwijl muziek natuurlijk via je oren binnenkomt. Er zijn heel veel verschillende soorten synesthesie: wel meer dan 60! Sommige synestheten proeven smaken voor woorden, of zien de maanden van het jaar in een cirkel om zich heen (zie afbeelding). Cijfers of dagen van de week kunnen ook een kleur hebben. Sommige synestheten zien deze kleuren echt voor zich (bijvoorbeeld op het papier, waar het cijfer staat), en anderen 'weten' dat dit cijfer deze kleur heeft. De synesthesie die iemand heeft blijft altijd hetzelfde. Dus als iemand de letter "a" als rood ziet, dan blijft dat altijd zo. Je kunt daarom testen of iemand synesthesie heeft, door te kijken of deze persoon in staat is om steeds precies dezelfde kleur te kiezen voor een letter (we noemen dat dan letter-kleur synesthesie) of steeds dezelfde smaak aan te geven voor een woord (woord-smaak synesthesie), enzovoort. Daarom komen in een test voor letter-kleur synesthesie bijvoorbeeld alle letters drie keer langs, om te kijken of de synestheten wel iedere keer precies dezelfde kleur kiezen. Verder kun je synesthesie niet uitzetten, het is er altijd. Maar gelukkig hebben de meeste synestheten geen last van hun synesthesie. Alleen als je héél veel soorten synesthesie tegelijk hebt, kun je wel een beetje moe worden van al die extra ervaringen!

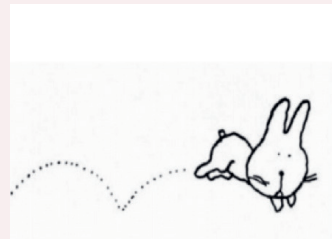
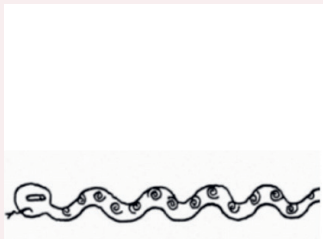


Sommige synestheten zien kleuren voor letters of woorden, anderen zien de maanden van het jaar in een cirkel om zich heen. Voor deze synestheet hebben de cijfers 1 t/m 5 dezelfde kleur als zondag t/m donderdag, de eerste vijf dagen van de week. (Afbeelding: Tessa van Leeuwen)

Klanksymboliek in taal

Waarom noemen we ons blaffende huisdier een *hond*? Dat had net zo goed anders kunnen zijn: in het Frans is het *chien*, in het Japans *inoe* en in de Ghanese taal Siwu is het *kpekpe*. Zo werkt het met heel veel woorden. Maar niet met alle. Soms kan de betekenis van een woord een beetje doorschijnen in de klank. Denk aan *blaffen*, *suizen* of *pruttelen*. Dat kan zelfs als het niet om een geluid gaat, zoals in *zwieren*, *wriemelen*, en *fladderen*. Schrijvers, dichters en andere woordkunstenaars maken kundig gebruik van dit soort klanksymboliek: in het *weem'lend gewiegel* van Willem Kloos voel je de beweging. In sommige talen zijn er wel duizenden woorden die zo werken. Taalwetenschappers noemen ze IDEOFONEN: woorden waarin 'idee' en 'klank' versmolten zijn.

Ideofonen worden gebruikt om heel precies zintuiglijke ervaringen weer te geven. Hoe verschillend talen rondom de wereld ook zijn, in ideofonen zit vaak iets dat iedereen kan herkennen. Dat komt omdat iedereen bepaalde intuïties heeft voor hoe informatie uit verschillende zintuigen samenpast. In het Siwu in Ghana is *pambalaa* een volle ronde buik en *pimbilii* een kleiner buikje. Als je van “a” naar “ie” glijdt voel je dat je mond kleiner wordt, en dat is waarom *pimbilii* kleiner aanvoelt dan *pambalaa*. Of neem deze ideofonen uit het Japans: *kirakira* is het geflonker van sterren, *tsjiratsjira* de glans van sneeuwvlokken, en *hirahira* het gefladder van vlinders. Vergeleken met “k” voelt “tsj” wat zachter en “h” wat luchtiger, en dat past precies bij de betekenisverschillen. En als je *nyoronyoro* uitspreekt en let op de beweging van je lippen en tong, dan voel je de slang haast kronkelen (zie afbeelding).



Deze sprekende illustraties van Taro Gomi beelden drie Japanse ideofonen uit: *nyoronyoro* (kronkelen), *hirahira* (fladderen) en *pyon pyon* (hop hop). (Afbeeldingen uit: "Nihongo Gitaigo Jiten", Taro Gomi, Kodansha Ltd.)

Verder lezen, kijken en luisteren

Onderstaande links staan ook op de website www.wetenschapdeklasin.nl bij dit thema. ●

Video's WKRU

- Videoportret Mark Dingemanse en Tessa van Leeuwen bij uitreiking Radboud Science Awards 2020 ●
- Lezing voor kinderen door Mark Dingemanse en Tessa van Leeuwen bij uitreiking Radboud Science Awards 2020 ●

Meer informatie over het onderzoek van Mark Dingemanse en Tessa van Leeuwen

- Site met de testjes die zijn gebruikt in het onderzoek van Mark en Tessa ●
- Nieuwe site met testjes die ook gebruikt worden in activiteit 4 'Klinkers en kleuren' in paragraaf 2 ●
- Interactieve verbeelding van de uitkomsten van het onderzoek van Mark en Tessa ●
- Overzichtspagina van het Groot Nationaal Onderzoek Samenwerkende Zintuigen ●
- Aflevering van De Universiteit van Nederland over synesthesie ●
- Aflevering van De Kennis van Nu over synesthesie ●
- Artikel in Trouw: Voor de synestheet is de letter A rood en 'maandag' felgeel ●
- Artikel Onze Taal: Boekoeboekoe is mollig ●
- Artikel op Kennislink: Scherpe smaken en rode muziek, het hoe en wat van synesthesie ●

Meer informatie over synesthesie

- Overzicht van toegankelijke artikelen over synesthesie op Kennislink ●
- Filmpje over pianist en synestheet Dorine Diemer ●
- Filmpje van Clipphanger van Schooltv over synesthesie ●
- Uitzending van Pavlov over Paul Rabbering: De wetenschap achter synesthesie ●
- TED talk van Daniel Temmet, zelf synestheet ●
- Artikel in Trouw over een online tentoonstelling van Centre Pompidou waarin je de kleuren van een Kandinsky schilderij kunt horen ●
- Twee filmpjes met animatie bij de muziek die gemaakt is door synestheten ●
- Visualisaties van kleur, vorm en beweging op muziek ●

Boeken

- Tim Hopgood (2015). Sebastians trompet
- Daniel Temmet (2009). Op een blauwe dag geboren

Meer over taal en zintuigen

Hoofdstuk 5 Taal der zintuigen uit boek 6 van deze boekenreeks gaat over de invloed van taal en cultuur op zintuiglijke waarnemingen. Je ontdekt hoe er in verschillende talen over verschillende zintuiglijke waarneming gesproken wordt. ●

Prijswinnend wetenschappelijk artikel waarop het project is geïnspireerd:

Cuskley, C., **Dingemanse, M.**, Kirby, S. & **van Leeuwen, T.M.** (2019). Cross-modal associations and synesthesia: Categorical perception and structure in vowel–color mappings in a large online sample. *Behavior Research Methods* 51(4), 1651–1675. Doi:10.3758/s13428-019-01203-7

4.2 Onderzoek naar samenwerkende zintuigen de klas in!

Radboud Science Team 'Samenwerkende zintuigen'

Deze paragraaf beschrijft hoe je in de klas een project onderzoekend leren kunt opzetten bij het thema 'Samenwerkende zintuigen'. Je vindt hier diverse activiteiten voor de introductie en verkenning van het project. Deze activiteiten zijn als eerste uitgevoerd bij basisschool de Gazelle in Arnhem.

Alle activiteiten samen vormen een beeld van het onderzoek naar samenwerkende zintuigen dat in de voorgaande paragraaf staat beschreven. De relatie tussen de activiteiten en het onderwerp staat steeds expliciet uitgeschreven onder het kopje 'Verbinding met het thema'.

De online bijlagen waar bij verschillende activiteiten naar wordt verwezen, zijn te vinden op onze website www.wetenschapdeklasin.nl. Dit symbool  verwijst naar deze website.

Deze activiteiten zijn onderdeel van stap 1 en 2 ('introductie' en 'verkennen') van het onderzoekend leren. We raden leraren aan om de 'Leidraad onderzoekend leren' (Van Baren-Nawrocka & Dekker, 2019 ) als uitgangspunt te nemen bij de uitvoering van dit project in de klas. Hierin staat een uitgebreide beschrijving van de zeven stappen van onderzoekend leren.



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.

INTRODUCTIEACTIVITEIT: JE ZINTUIGEN IN DE WAR

In deze activiteit ervaren leerlingen dat onze zintuigen ons soms voor de gek houden.

Doelen

- Leerlingen ontdekken dat je zintuigen samenwerken.
- Leerlingen leren de McGurk-illusie kennen.

Duur

15 minuten

Werkvorm

Klassikaal

Benodigdheden

Filmpje McGurk-illusie 

Activiteit

Vertel de leerlingen dat ze een kort filmpje gaan bekijken en dat ze goed moeten kijken en luisteren naar wat de man zegt. Speel het filmpje af tot 0:35. Pauzeer tussendoor het filmpje steeds op het zwarte beeld, en vraag de leerlingen wat ze hoorden. Wat zegt de man volgens hen? Als het goed is, horen ze eerst "ba-ba", daarna "da-da" en als laatst "va-va".

Laat nu alle leerlingen hun ogen dicht doen en speel de video nog een keer af van het begin tot 0:35. Vraag de leerlingen opnieuw wat ze hoorden. Zijn de klanken die ze de eerste keer hoorden anders dan de tweede keer? Vertel dat ze dezelfde fragmenten hebben gehoord als de eerste keer. Maar met hun ogen dicht horen ze bij alle fragmenten "ba-ba". Hoe zou dat kunnen komen? Laat nu ook het einde van het filmpje zien waarin de klanken worden getoond.

Afronding

Besprek met de leerlingen waarom ze iets anders hoorden als ze hun ogen dicht hadden dan als ze hun ogen open hadden. Dit komt omdat onze zintuigen altijd samenwerken als we iets waarnemen. Vraag de leerlingen welke zintuigen hier volgens hen samenwerken. Leg uit dat als je iemand ziet praten, je hersenen tegelijkertijd het geluid van de woorden en de bewegingen van de lippen verwerken. Maar als het geluid en de bewegingen niet bij elkaar passen, dan proberen onze hersenen de beste oplossing te vinden. Dit hebben jullie daarnet ook ervaren. Als het beeld van "da-da" tegelijk wordt afgespeeld met het geluid "ba-ba", dan maken onze hersens daar toch "da-da" van. Je hoort dus iets wat er niet is! Dit heet de McGurk-illusie.

Verbinding met het thema

In hun onderzoek wilden Tessa van Leeuwen en Mark Dingemanse meer te weten komen over hoe onze zintuigen samenwerken. Dit kan door mensen expliciet te vragen naar associaties zoals klank-kleur associaties. Maar onze zintuigen werken *altijd* samen, ook als we dat zelf niet doorhebben. De McGurk-illusie laat heel duidelijk zien dat als je iemand ziet praten, je hersenen automatisch tegelijkertijd het geluid van de woorden en de bewegingen van de lippen verwerken. Omdat onze zintuigen altijd samenwerken zijn onze hersenen erg gevoelig voor dingen die 'samenhoren' en goed bij elkaar passen. Dit gebeurt ook als we luisteren naar taal en talen leren.



Leerlingen van de Gazelle ervaren door de McGurk-illusie hoe de zintuigen zicht en gehoor samenwerken. (Foto: Hanne Kause)



Stap 2. Verkenning

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

Zorg daarnaast dat je het thema ook overkoepelend goed toelicht en uitlegt aan de leerlingen. Je kunt daarvoor de lezing voor kinderen gebruiken die de onderzoeker eerder heeft gegeven  en de informatie die in paragraaf 4.1 beschreven staat.

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 uitvoeren van activiteiten van verschillende subthema's voor meer diversiteit in de eigen onderzoeksvragen van de leerlingen. We hebben daarom ook binnen dit thema een aantal subthema's aangebracht. Per activiteit is aangegeven bij welk subthema ze passen:

- Beweging en klank
- Muziek, vorm en kleur
- Klinkers en kleuren
- Smaak en kleur

ACTIVITEIT 1: SCHILDEREN MET KLANK

In deze activiteit leren leerlingen dat sommige woorden een beweging na kunnen bootsen, en bedenken ze zelf zo'n woord bij een beweging.

Subthema

Beweging en klank

Doelen

- Leerlingen ontdekken hoe ze spraak kunnen gebruiken om beweging te imiteren.
- Leerlingen reflecteren op hoe woorden soms wel en soms niet bij hun betekenis kunnen passen.

Duur

45 minuten

Werkvorm

Individueel en in groepjes van vier tot zes

Benodigdheden

- PowerPointpresentatie 'Schilderen met klank' 
- Twee blaadjes en potlood voor elke leerling

Activiteit

Deel 1: Kennismaken met ideofonen

Laat de eerste dia van de PowerPoint op het bord zien. Vertel de leerlingen dat sprekers van de taal Ewe, uit Ghana, twee woorden gebruiken voor 'eend': *kpaakpaa* en *dábòddábò*. Het eerste klinkt als kwaken, maar hoe zit het met die tweede? Toen taalonderzoeker Diedrich Westermann dat vroeg kreeg hij als antwoord een demonstratie: de Ewe-spreker waggelde heen en weer zoals een eend loopt en sprak het woord uit met afwisselend hoge en lage tonen: *dá-bò-dá-bò*. De herhaalde lettergrepen en afwisselende klanken van het woord maken net een klein schilderijtje van een waggelende eend.

Leg uit dat er ook in andere talen woorden zijn waarbij de klank past bij de betekenis. In de PowerPoint staan drie tekeningen van bewegingen en de drie Japanse omschrijvingen van die bewegingen. Vraag aan de leerlingen of ze kunnen bedenken welke van de woorden bij welke beweging horen. Het kan hierbij helpen om de woorden hardop uit te spreken. Dit soort woorden, waar de betekenis van het woord in de klanken van het woord verwerkt zit, heten ideofonen.

Vraag de leerlingen of ze denken dat we in het Nederlands ook dit soort ideofonen hebben. Kunnen ze woorden bedenken die hun betekenis uitdrukken in een klank? Voorbeelden van Nederlandse ideofonen zijn: friemelen, knisperen, geribbeld, bonken, lispelen, wipwap, zigzag. Laat nu de laatste dia zien met de Nederlandse vertalingen van de Japanse ideofonen erop. Wat vinden de leerlingen hiervan? Drukken de Nederlandse woorden net zo goed de beweging uit als de Japanse, of beter of minder goed?

Deel 2: Bedenk een ideofon

Vertel dat de leerlingen nu zelf nieuwe ideofonen gaan bedenken. Geef iedere leerling twee blaadjes. Op de ene tekenen ze een beweging, en op de andere schrijven ze een nieuw woord dat ze voor deze beweging hebben bedacht. Het is de bedoeling dat de uitspraak van dit woord past bij de beweging die het uitdrukt, net als in de voorbeelden. Besteed aandacht aan het verschil tussen eenvoudige klanknabootsing (met spraak een niet-talig geluid nabootsen, zoals *kwaak*) en klankschilderen (met spraak aspecten van een beweging uitdrukken, zoals de herhaling en variatie van *dá-bò-dá-bò* het voortdurend heen en weer waggelen van de eend uitbeelden). Geef de leerlingen een paar voorbeelden van wat *niet* de bedoeling is: niet *woef* bij een hond of *vroem* bij een auto. Geef eventueel wat inspiratie van bestaande ideofonen in het Nederlands. Vertel dat het belangrijk is dat de leerlingen hun tekening en woord geheim houden voor de andere leerlingen.

Deel 3: Zoek de klank bij de beweging

Verdeel nu de klas in groepjes van vier tot zes. Ieder groepje verzamelt de tekeningen en woorden van de groepsleden op een stapel en husselt deze. Laat nu ieder groepje haar gezamenlijke stapel van kaartjes doorgeven aan een ander groepje. Ieder groepje moet er samen achter proberen te komen welke klank bij welke tekening hoort van het stapeltje dat ze hebben gekregen.



Kunnen de leerlingen van de Gazelle raden welke zelf verzonden ideofonen horen bij de getekende bewegingen? (Foto: Hanne Kause)

Afronding

Vraag de leerlingen of het lukte om erachter te komen welke tekeningen bij welke klanken horen. De groepjes kunnen van elkaar bevestigen of de antwoorden inderdaad goed waren. Bespreek ook hoe het bedenken van de ideofonen ging. Vonden de leerlingen het makkelijk of juist moeilijk om een klank bij hun tekening te bedenken?

Vertel dat, hoewel het Nederlands dus ook ideofonen heeft, het Ewe en het Japans er veel meer hebben. In die talen bestaan wel duizenden van dit soort woorden. Andere talen met veel ideofonen zijn het Koreaans, Zulu, Quechua, Baskisch of Turks. Het bijzondere van ideofonen is dat we vaak gemakkelijk de betekenis van deze woorden kunnen herleiden, ook al spreken we de taal verder helemaal niet.

Verbinding met het thema

Het is makkelijk over het hoofd te zien als je veel leest, maar taal is voor de meeste mensen, en zeker voor kinderen, in de eerste plaats iets wat je doet met je lijf. Lees deze zin maar eens hardop en neem waar hoe lippen, tong, kaakspieren en stembanden samenwerken in een vloeiende choreografie. Je merkt dan dat taal bestaat uit zowel beweging als geluid, wat we produceren en tegelijk waarnemen. Dat taal lijfelijk is, betekent dat het ook meedoet in al de processen waarin we zintuiglijke informatie integreren en combineren. Bij dat proces van integratie zijn we extra gevoelig voor wanneer bepaalde aspecten van klank en betekenis goed bij elkaar passen. Sisklanken passen goed bij geruis. Een herhaalde lettergreep past goed bij een repetitieve beweging. Een wisseling van klank of toonhoogte past goed bij onregelmatigheid of heen-en-weer bewegen. De vormen van klanksymboliek die we in ideofonen vinden zijn één voorbeeld van de vele manieren waarop ons lijf en brein onze waarnemingen combineren en interpreteren.

Tips

- De Japanse voorbeelden uit de PowerPointpresentatie komen uit het boek *An Illustrated Dictionary of Japanese Onomatopoeic Expressions* (vertaling: *Een geïllustreerd woordenboek van Japanse ideofonen*) van Taro Gomi, een bekende Japanse kinderboekenschrijver en -illustrator. In dit boek staan nog veel meer sprekende voorbeelden in van ideofonen uit het Japans.
- Op de website [Stemmen van Afrika](#) kun je meer lezen over de vele talen in Afrika.

ACTIVITEIT 2: LOGISCH, TOCH?

In deze activiteit ontdekken leerlingen zelf welke associaties ze hebben tussen bijvoorbeeld muziek en kleuren.

Subthema

Muziek, vorm en kleur

Doelen

- Leerlingen ervaren dat we veel associaties hebben die niet per se zinnig of logisch zijn.
- Leerlingen ontdekken dat ze verschillen en overeenkomsten hebben met elkaar in associaties die ze maken.

Duur

30 minuten

Werkvorm

Klassikaal en in vier- of vijftallen

Benodigdheden

- PowerPointpresentatie 'Logisch toch' ④
- Drie tot zes laptops met geluid en eventueel een koptelefoon
- Dia's 3 t/m 8 uitgeprint (1 of 2 keer) ④

Per leerling:

- Werkblad 'Logisch toch' ④

Voorbereiding

Deze activiteit wordt uitgevoerd in circuitvorm met vijf onderdelen. Voor een grote klas kun je er eventueel voor kiezen om meerdere onderdelen dubbel te maken. Voor deel 1 is dia 3 t/m 5 (uitgeprint) nodig. Voor deel 2 dia 6 t/m 8. De overige drie circuitonderdelen worden gedaan met de PowerPointpresentatie op een laptop met geluid. Zorg dat bij elk deel een andere dia zichtbaar is (dia's 9, 10 en 11). Zet de laptops zo neer dat de andere groepjes geen last hebben van het geluid, of gebruik koptelefoons.

Activiteit

Vraag klassikaal aan de leerlingen welke van de figuurtjes op dia 2 volgens hen Bouba is en welke Kiki. Laat de hele klas tegelijk het antwoord zeggen, zodat ze elkaar niet beïnvloeden. Vertel dat er geen goed of fout antwoord is, maar dat het wel interessant is dat de meeste mensen voor hetzelfde antwoord kiezen. Leg uit dat de leerlingen in deze activiteit in een circuit nog meer vragen gaan beantwoorden over associaties. Hun antwoorden schrijven ze op het werkblad. Zeg dat er bij die vragen geen goed of fout antwoord is, maar dat de leerlingen gewoon moeten opschrijven waar ze het eerste aan denken. Maak duidelijk dat de leerlingen na ieder geluidje of muziekje een kleur moeten kiezen, in plaats van dat ze eerst alles luisteren.

Geef iedere leerling nu een eigen werkblad en verdeel de klas in groepjes van drie of vier. Laat ieder groepje bij een ander circuitonderdeel beginnen en geef ze een paar minuten de tijd om alle geluiden en muziekjes te horen. Pas als alle leerlingen in een groepje voor zichzelf de antwoorden hebben bepaald, mogen ze hun resultaten met elkaar bespreken. Laat de groepjes dan ronddraaien en herhaal dit totdat alle groepjes alle circuitonderdelen hebben gehad.



Leerlingen van de Gazelle discussiëren over welke kleur het beste bij een muziekfragment past. (Foto: Helen Verploegen)

Afronding

Bespreek klassikaal de activiteit na. Zijn er tussen de leerlingen overeenkomsten in hun antwoorden? Zijn sommige antwoorden vaker gekozen dan andere? Hoe zou dat komen? Zijn sommige antwoorden misschien logischer dan andere? En waarom dan?

Verbinding met het thema

Omdat onze zintuigen altijd samenwerken zijn onze hersenen erg gevoelig voor dingen die 'samen-horen' en goed bij elkaar passen. Daar zijn we ons meestal niet bewust van. Maar onbewust hebben we vaak een sterk gevoel over wat er wel en niet goed samen past, omdat we uit onze omgeving onbewust continu allerlei associaties oppikken. Daarom kiezen mensen vaak dezelfde antwoorden voor vragen die op het eerste gezicht redelijk onzinnig en willekeurig kunnen zijn ("Is een citroen snel of langzaam?"). In het geval van muziek zijn er heel veel factoren die onbewust een rol spelen bij associaties: toonhoogte, muziektempo, het instrument (klankkleur), maar ook de emoties die het muziekstuk oproept bijvoorbeeld door de melodie of toonsoort (mineur of majeur).

ACTIVITEIT 3: A IS BLAUW

De leerlingen leren wat synesthesie is en doen bronnenonderzoek naar verschillende vormen van synesthesie.

Subthema

Klinkers en kleuren

Doelen

- Leerlingen leren wat synesthesie is en ontdekken verschillende vormen van synesthesie.
- Leerlingen onderzoeken of ze zelf synesthesie hebben.
- Leerlingen leren meerdere bronnen te gebruiken om een antwoord op een vraag te onderzoeken.

Duur

40 minuten en 10 minuten de week van tevoren

Werkvorm

Individueel en in tweetallen

Benodigdheden

- Optioneel: Het boek *Sebastians trompet* van Tim Hopgood (2015)

Per leerling:

- 2 witte blaadjes
- Kleurpotloden of stiften (iedere leerling evenveel, minimaal 10 maar liefst meer)

Per tweetal:

- Laptop
- Werkblad 'Vormen van synesthesie' 

Activiteit

Deel 1: Een voorbereidend testje

Laat de leerlingen twee keer een synesthesietestje uitvoeren, met een tussenpoos van een week. Dat gaat als volgt: geef iedere leerling een wit papiertje en een stel kleurpotloden, en laat ze hun naam op het blaadje schrijven. Vertel dat ze de letter *a* op hun blaadje moeten schrijven en dat ze hier één van de kleuren voor kunnen kiezen die voor hun ligt. Laat ze het kleurpotlood weer neerleggen en laat ze nu opnieuw een kleur kiezen om de letter *b* mee op te schrijven. Dit mag dezelfde kleur zijn. Laat ze dit herhalen voor het hele alfabet en daarna voor de cijfers 0 t/m 9. Ze kiezen iedere keer de kleur die ze het beste vinden passen bij de letter of het cijfer. Vertel er niet bij waarom ze dit testje doen en ook niet dat ze het testje een week later nog een keer moeten doen. Verzamel alle blaadjes van de leerlingen en bewaar deze.

Deel 2: Resultaten bekijken

Herhaal het synesthesietestje nogmaals. Zorg ervoor dat de leerlingen dezelfde kleurpotloden of stiften tot hun beschikking hebben als de eerste keer. Vervolgens kunnen ze hun blaadje houden. Geef nu de testjes terug van vorige week zodat iedere leerling de resultaten van beide keren voor zich heeft liggen.

Vraag de leerlingen om de twee blaadjes te vergelijken. Hoeveel letters en cijfers hebben dezelfde kleur? Vraag aan de klas bij wie er 1 tot 10 letters en cijfers dezelfde kleuren hebben, bij wie 10 tot 20, bij wie 20 tot 30 en bij wie 30 tot 36. Hebben ze enig idee waar dit testje voor was?



Leerlingen van de Gazelle concentreren op hun synesthesietest. (Foto: Helen Verploegen)

Leg uit dat dit een testje is om te kunnen herkennen of iemand een bepaalde vorm van *synesthesie* heeft. Leg uit wat synesthesie is. In de vorige activiteiten hebben de leerlingen al gemerkt dat onze zintuigen altijd samenwerken. We maken bijvoorbeeld associaties dat een citroen snel is en rood zwaarder dan geel. Bij sommige mensen gaat dit nog een stapje verder, dit noemen we dan synesthesie. Voor hen zijn de associaties extra sterk en soms een beetje ongewoon. Zij zien bijvoorbeeld kleuren bij getallen of letters, de 5 is bijvoorbeeld groen of de *a* blauw, of ze proeven smaken bij woorden. Deze associaties zijn altijd hetzelfde en gebeuren automatisch zonder er bij na te denken. Er zijn heel veel verschillende vormen van synesthesie en er zijn allerlei koppelingen tussen zintuiglijke waarnemingen of concepten mogelijk. Vraag de leerlingen om nog een keer hun eigen testresultaten bestuderen. Denken ze dat ze zelf synesthesie hebben? Dit ene testje is niet genoeg om het zeker te weten. Maar we hebben nu wel kunnen kijken wie in de klas meer of minder de waarnemingen van twee zintuigen combineert.

Deel 3: Op zoek naar verschillende vormen synesthesie

Vertel dat de leerlingen nu gaan onderzoeken welke andere vormen van synesthesie er nog meer bestaan. Verdeel de klas in tweetallen (grotere groepjes kunnen natuurlijk ook als er niet genoeg laptops beschikbaar zijn) en geef ieder tweetal een laptop en een werkblad. Leg uit dat ze de bronnen die op het werkblad staan kunnen gebruiken om erachter te komen welke andere vormen van synesthesie er bestaan. Eventueel kunnen ze ook het boek *Sebastians trompet* erbij nemen als bron. Als het groepje nog meer bronnen kan vinden, mogen ze die ook gebruiken. Maak duidelijk

dat ze alle vormen van synesthesie die ze in de bronnen tegenkomen op moeten schrijven (zoals *donderdag is rood* of *bushalte smaakt naar chocola*), en daarbij moeten bedenken welke concepten of zintuigen met elkaar worden verbonden (dus *kleuren bij dagen van de week* of *smaken bij woorden*).

Afronding

Bespreek de activiteit klassikaal na. Welke vormen van synesthesie hebben de leerlingen gevonden en welke zintuigen of concepten werden hier gekoppeld? Hebben ze nog meer geleerd over synesthesie? Vertel dat er nog veel meer vormen van synesthesie zijn, en dat iedereen andere associaties heeft (bijvoorbeeld voor de een is de *t* blauw en voor de ander rood). Is er misschien iemand in de klas die een van deze vormen herkent of juist andere bijzondere associaties maakt die misschien synesthesie kunnen zijn?

Verbinding met het thema

In het klinker-kleur onderzoek van Tessa van Leeuwen en Mark Dingemanse wilden de onderzoekers graag weten of de zintuigen bij mensen met synesthesie op een andere manier samenwerken dan bij mensen zonder synesthesie. Bij mensen met synesthesie zijn sommige zaken immers al gekoppeld, bijvoorbeeld kleuren aan letters, of smaak aan muziek. Dus misschien associëren zij klinkers en kleuren wel op een hele andere manier dan mensen zonder synesthesie? Het bleek dat synestheten en niet-synestheten gebruik maken van dezelfde logica in het koppelen van kleuren aan klinkers (dit zullen de leerlingen ook ervaren in activiteit 4 'Klinkers en kleuren').

Maar hoe werkt synesthesie dan precies? Er zijn verschillende theorieën die letter-kleur synesthesie kunnen verklaren. Het is bekend dat visuele informatie wordt opgesplitst en verwerkt in gespecialiseerde hersengebieden. De verwerkingsgebieden voor letters en kleuren liggen naast elkaar. Deze gebieden zijn mogelijk verbonden bij synestheten, dus het zou kunnen dat zij op die manier kleuren toekennen aan letters.

ACTIVITEIT 4: KLINKERS EN KLEUREN

Leerlingen koppelen kleuren aan klinkers en vergelijken hun antwoorden met klasgenoten.

Subthema

Klinkers en kleuren

Doelen

- Leerlingen ervaren hoe ze zelf kleuren aan klinkers koppelen.
- Leerlingen zien voorbeelden van verschillen in hoe mensen kleuren aan klinkers koppelen.
- Leerlingen leren hoe je kunt onderzoeken of iemand klank-kleur synesthesie heeft.

Duur

25-30 min

Werkvorm

Individueel en in viertallen

Benodigdheden

- Laptop(s) met geluid
- Koptelefoon(s)
- Test 'Klinkers-Kleuren' 
- PowerPointpresentatie 'Kleurscore' 
- Optioneel: PowerPointpresentatie 'Klinkerruimte' 

Activiteit

Deel 1: Klinkers-kleuren test

Zorg ervoor dat iedere leerling voorafgaand aan de activiteit individueel de 'Klinkers-Kleuren' test heeft gemaakt. De test duurt ongeveer drie minuten. Zorg dat de leerlingen bij het maken van de test een koptelefoon op hebben en de geluiden goed kunnen horen. Print van iedere leerling de testresultaten uit en bewaar deze.

Deel 2: Resultaten vergelijken

Geef alle leerlingen het blad met hun eigen testresultaten. Verdeel de leerlingen in groepjes van vier en laat ze samen hun testresultaten bestuderen. Laat de leerlingen eerst hun eigen resultaten bekijken. Hebben ze meerdere keren dezelfde kleuren voor dezelfde klanken gekozen? Welke kleuren hebben ze gekozen voor "ie" en "ee"? En welke kleuren voor "oo" en "aa"? Laat ze daarna ook hun antwoorden met elkaar vergelijken. Komen hun antwoorden met elkaar overeen of heeft iedereen iets totaal anders gekozen? Het is hierbij interessant om niet alleen naar de kleuren zelf te kijken, maar ook of het lichte en donkere kleuren zijn bijvoorbeeld. Laat de leerlingen ook met elkaar bespreken of ze een bepaalde reden of manier hadden om hun kleuren te kiezen.

Afronding

Vertel dat Tessa van Leeuwen en Mark Dingemanse de 'Klinkers-kleuren' test in hun onderzoek hebben gebruikt. Leg met behulp van de PowerPoint 'Kleurscore' uit dat de onderzoekers voor iedere klank een score berekenen. Deze score tussen de 0 en de 6 geeft aan hoeveel de drie kleuren op elkaar lijken. Bij een score lager dan 1 lijken de kleuren heel erg op elkaar, bij een hogere score zijn

de kleuren meer verschillend. Om de testuitslag te bepalen, berekenen je de gemiddelde score van alle klanken. Als de gemiddelde score lager is dan 1, dan kun je concluderen dat die proefpersoon klank-kleur synesthesie heeft. NB: Omdat we in deze activiteit een kleinere test gebruiken dan in het oorspronkelijke onderzoek, is er een strengere score nodig om te bepalen of iemand synesthesie heeft. Daarom gebruiken we hier 1 in plaats van de 1.5 die in paragraaf 4.1 genoemd staat.

Laat de leerlingen opnieuw hun testresultaten bestuderen. Zijn er leerlingen die bij bepaalde klanken lager scoren dan 1? Welke kleur hebben ze hier gekozen? Zijn ze het eens? Zijn er leerlingen die een gemiddelde score hebben lager dan 1? De gemiddelde score staat bovenaan de testresultaten. Bereken samen met de leerlingen het gemiddelde van de klas. Zijn jullie samen erg synesthetisch? Hoeveel leerlingen hebben er volgens deze test synesthesie?

Vraag of het de leerlingen was opgevallen dat bij elke vraag de kleuren steeds op een andere plek staan. Kunnen de leerlingen bedenken waarom dit zo gedaan is in de test? Leg uit dat door de kleuren te laten verspringen het moeilijker is om steeds dezelfde kleur te kiezen. Zo kun je dus zien of iemand echt synestheet is, of dat de proefpersoon 'gewoon wat doet'.

Verbinding met het thema

De Klinkers-kleuren test in deze activiteit was onderdeel van het Groot Nationaal Onderzoek (GNO) wat Tessa van Leeuwen en Mark Dingemanse in 2015 opzetten. De insteek van het GNO was om te onderzoeken hoe onze zintuigen samenwerken, hoe dat verschilt van persoon tot persoon, en of er verschillen zijn tussen mensen met en zonder synesthesie. De onderzoekers wilden dit weten omdat iedereen, synestheet of niet, wel bepaalde associaties kan maken. Eén van hun vragen was bijvoorbeeld of synestheten een heel andere strategie hebben om kleuren aan letters en klanken te koppelen dan mensen zonder synesthesie, of dat de manier waarop wel hetzelfde is maar synestheten gewoon sterkere letter-kleur of klank-kleur associaties hebben. Met behulp van de klinker-kleur test ontdekten de onderzoekers dat de logica achter kleurenkoppelingen tussen synestheten en niet-synestheten wel degelijk hetzelfde is. Daaruit concludeerden de onderzoekers dat de bijzondere ervaringen van synestheten uiteindelijk toch geworteld zijn in bepaalde principes die voor iedereen gelden. Zowel synestheten als niet-synestheten laten zich in hun kleurkeuzes leiden door de klank van de klinker. Ook klanken die 'tussen twee klinkers inzitten', bijvoorbeeld "ae" krijgen de kleur van óf een "aa" óf een "ee"; onze kennis van klinkers categoriseert als het ware al de kleurkeuzes. De grote aantallen deelnemers aan het Groot Nationaal Onderzoek maakten het mogelijk om resultaten te ontdekken die anders niet zo duidelijk naar voren waren gekomen. Het is namelijk vaak lastig is om grote groepen synestheten te vinden. Veel mensen weten niet wat synesthesie is, zelfs niet als ze synestheet zijn! In hun onderzoek hebben Tessa van Leeuwen en Mark Dingemanse in totaal 1164 proefpersonen getest waarvan meer dan 200 synestheet waren.

Tip

Voor extra verdieping kun je de PowerPoint 'Klinkerruimte'  bespreken met de leerlingen. In deze dia's staan verschillende voorbeelden van proefpersonen die zich in hun kleurkeuzes erg laten leiden door welke klinker ze horen, en mensen die dat niet doen. Je kunt de antwoorden van synestheten herkennen doordat ze alle drie de keren (bijna) dezelfde kleuren kiezen. Dat kunnen ze omdat zij die kleuren echt voor zich zien bij het horen van een klank en daarom heel precies een keuze kunnen maken. Kunnen de leerlingen herkennen bij welk type persoon hun kleurprofiel past? In deze animatie  kun je door alle antwoorden uit het onderzoek van Tessa van Leeuwen en Mark Dingemanse heen klikken.

ACTIVITEIT 5: GEKLEURDE RECLAME

De leerlingen onderzoeken welke kleur past bij een product en maken aan de hand daarvan een reclameposter voor dat product.

Subthema

Smaak en kleur

Doelen

- Leerlingen leren om gebruik te maken van associaties tussen verschillende zintuigen om producten aan te prijzen in een reclame.
- Leerlingen onderzoeken welke kleuren het beste passen bij bepaalde producten.
- Leerlingen oefenen met een voorspelling doen aan de hand van hun eigen associaties.
- Leerlingen leren om een onderzoek te doen met proefpersonen.

Duur

60 min (plus eventuele tijd om de reclameposter te maken)

Werkvorm

In drietallen

Benodigdheden

- Reclamefilmpje over kleuren 

Per groepje:

- Een eetbaar product om aan te prijzen, genoeg voor 20 proefpersonen (bijvoorbeeld: komkommer, zure mat, honing, rijstwafel, zoethout, drop, suikerwafel, chocolade)
- Een bord
- Gekleurde papierstroken

Eventueel:

- Filmpje van SchoolTV over reclame 
- Knutselpullen om een poster te maken

Activiteit

Begin de les zonder verdere uitleg met het reclamefilmpje over kleuren. Vraag aan de leerlingen wat de boodschap is van dit filmpje en wat het volgens hen met het project te maken heeft. Vertel dat de leerlingen zich vandaag zullen gaan verdiepen in kleurassociaties met producten. Ze gaan in groepjes onderzoeken welke kleur mensen associëren bij een product, zodat je dat zou kunnen gebruiken in een reclame.

Geef ieder drietal een bord met daarop een product waarvoor ze reclame gaan maken en een aantal papierstroken in zo veel mogelijk verschillende kleuren. Vraag ze hoe ze kunnen onderzoeken welke kleur het meest effectief zou zijn voor een reclameposter voor hun product. Geef de leerlingen een kwartier om hun onderzoek voor te bereiden met hun groepje. Laat ze eerst nadenken over de klank van de naam van het product. Welke kleuren vinden ze daar goed bij passen? Laat ze daarna

een stukje proeven om ook kleurassociaties te maken met de smaak van het product. Aan de hand hiervan kiezen ze vijf gekleurde vellen papier waarvan ze denken dat die het best zouden kunnen passen. Deze kleuren gebruiken ze in hun onderzoek.



Een groepje leerlingen van de Gazelle stemt over welke kleuren ze zullen gebruiken in hun onderzoek. (Foto: Mathijs Zwanenburg)

Nu begint het onderzoek. Laat ieder drietal minstens 20 proefpersonen vinden (binnen of buiten de school). Aan iedere proefpersoon vragen ze om te kiezen welke van de vijf kleuren er volgens hen het beste bij het product past. Het groepje noemt daarbij alleen de naam van het product en laten de proefpersoon een stukje proeven. Het is belangrijk dat ze de proefpersonen verder niet beïnvloeden, bijvoorbeeld door hun eigen associaties te noemen of eerdere antwoorden te laten zien. Let erop dat de leerlingen uit de klas zelf geen proefpersoon zijn, omdat dat ook de resultaten kan beïnvloeden. Aan de hand van de antwoorden van de proefpersonen trekken de groepjes een conclusie over de meest geschikte kleur voor de reclameposter.

Afronding

Laat ieder groepje hun product, resultaten en conclusie kort presenteren. Wat bleek de meest geschikte kleur? Had iedereen dezelfde associaties?

Je kunt de activiteit afronden door de leerlingen daadwerkelijk een reclameposter te laten maken over hun product, waarin ze hun onderzoeksresultaat verwerken. Daarvoor kun je eerst het filmpje van SchoolTV over reclame laten zien. In dit filmpje wordt uitgelegd hoe je een product verkoopt met reclame en hoe je een product goed in de markt zet. Bespreek met de leerlingen welke aspecten van een goede reclame naar voren kwamen in het filmpje. Laat de leerlingen hun reclameposter maken, waarbij ze deze aspecten en de kleur uit hun onderzoek gebruiken. Het kan de achtergrondkleur van de poster worden, maar ze kunnen de kleur natuurlijk ook op een andere manier in de poster verwerken.

Ieder groepje presenteert hun uiteindelijke poster. Op welke manier hebben ze de resultaten van hun onderzoek verwerkt? Bespreek met de leerlingen welke poster ze het beste vinden aanslaan aan de hand van hun associaties. Heeft iedereen dezelfde associaties? Zien de leerlingen verschil in soorten posters voor verschillende soorten producten (zoet-hartig, zoet-zuur, vloeibaar-vast, vochtig-droog, etc.)? Tot slot is het interessant om, waar mogelijk, de posters van de leerlingen te vergelijken met officiële reclame(posters) van de producten.

Verbinding met het thema

Deze activiteit grijpt terug op dezelfde principes als activiteit 2 'Logisch, toch?'. Mensen hebben onbewust vaak sterke associaties tussen informatie van verschillende zintuigen, bijvoorbeeld geluiden en kleuren, of geluid en beweging, etc. In marketing wordt daar gretig gebruik van gemaakt om producten makkelijker te verkopen of mensen de naam beter te laten onthouden. Merknamen worden bijvoorbeeld zo gekozen dat ze meteen al uitdrukken wat het product kan of doet (denk aan 'Swiffer') of de kleuren van de verpakking geven al iets weg over de smaak (zoals bij theezakjes).

Tip

Voor extra uitdaging kun je de leerlingen tijdens het onderzoek zelf een positieve en negatieve vraag laten bedenken, die ze ook aan hun klasgenoten stellen. Voorbeelden hiervan zijn "Aan welke kleur denk je als je trek hebt?" of "Van welke kleur word je chagrijnig?". De antwoorden die hun klasgenoten op deze vraag stellen kunnen de leerlingen ook in hun poster verwerken.



Stap 3 t/m 5. Opzetten onderzoek, uitvoeren en concluderen

Hieronder staan drie voorbeelden van onderzoeksvragen. Deze voorbeelden geven een beeld van de soort vragen die leerlingen over het thema 'Samenwerkende zintuigen' zouden kunnen stellen. Als gevolg van COVID-19 zijn de leerlingen van basisschool de Gazelle in Arnhem er zelf niet aan toegekomen om vragen te bedenken.

Hebben mensen bij de klank "a" een associatie met rood fruit, of juist met fruit van een andere kleur?

Subthema: Klinkers en kleuren

Leerlingen hebben in dit project geleerd dat er een soort logica zit in de associaties die mensen maken tussen klanken en kleuren. Zo kiezen veel mensen rood bij de klank "a", groen bij de klank "e" en geel bij de klank "ie". Zou het dan ook zo zijn dat je rood fruit beter bij de klank "a" vindt passen dan fruit van een andere kleur? Om deze voorspelling te onderzoeken kunnen leerlingen een testje afnemen bij een groep proefpersonen. Ze laten afbeeldingen zien van twee soorten fruit waarvan er 1 rood is en 1 niet, en waarvan de naam ongeveer vergelijkbaar klinkt. Bijvoorbeeld: past de klank "a" beter bij een kers (rood) of een bosbes (paars)? Ze houden bij hoe vaak welk plaatje gekozen wordt. Welke vrucht wordt het vaakst gekozen bij de klank "a"? Heeft deze inderdaad dezelfde kleur als ze in het project hebben geleerd? Ze kunnen extra bewijs verzamelen om de betrouwbaarheid te vergroten, en het onderzoek nog eens herhalen met ander fruit bij de klank "a", bijvoorbeeld met keuze aardbei of ananas; of groene of rode appel. Ook kunnen ze een andere klank onderzoeken, door bijvoorbeeld voor de klank "e" te laten kiezen tussen een groene appel en een banaan.

Bepaalt de kleur van een logo van een toetje hoe lekker je denkt dat het is?

Subthema: Smaak en kleur

In de laatste activiteit hebben de leerlingen onderzoek gedaan naar kleurassociaties bij verschillende voedingswaren en de resultaten verwerkt in een reclameposter voor hun product. Zou de kleur van een logo voor een toetje er ook voor zorgen dat mensen denken dat het toetje lekkerder is dan bij een andere kleur? Om dit te onderzoeken kunnen de leerlingen twee onderzoekjes doen bij twee groepen proefpersonen. De eerste groep proefpersonen werkt mee aan het vooronderzoek. Bij het vooronderzoek vragen ze de proefpersonen welke kleur uit een kleurenkaart ze het beste vinden passen bij het toetje, en welke kleur er het minst bij past. Deze resultaten verwerken ze in twee logo's voor het toetje, die op de kleur na identiek zijn. Deze logo's gebruiken ze in hun vervolgonderzoek, waar ze een tweede groep proefpersonen ondervragen. Ze vertellen deze proefpersonen dat er een nieuw toetje op de markt komt en vertellen iets over wat voor soort toetje het is. Vervolgens laten ze de twee logo's zien en vragen ze welke van de twee toetjes de proefpersoon lekkerder lijkt. Kiezen de proefpersonen inderdaad vaker voor het logo met de voorkeurskleur uit het vooronderzoek?

Hebben mensen een andere kleurassociatie bij rapmuziek dan bij dancemuziek?

Subthema: Muziek, vorm en kleur

In activiteit 2 'Logisch, toch?' hebben de leerlingen onderzocht welke kleurassociaties ze hadden bij verschillende fragmenten klassieke muziek. Vaak kiezen mensen donkere kleuren voor langzamere bombastische muziek, en juist lichte kleuren voor vrolijke vlugge muziek. Hoe zou dit eruitzien bij verschillende genres van muziek? Zijn er bijvoorbeeld kleuren die vaker worden geassocieerd met

rapmuziek? En zijn dit andere kleuren dan voor dancemuziek? Leerlingen kunnen dit onderzoeken door proefpersonen in willekeurige volgorde een aantal fragmenten van beide muziekstijlen te laten horen. Bij ieder fragment kiezen de proefpersonen uit een lijst kleuren welke kleur ze het beste vinden passen. Vervolgens vergelijken de leerlingen de antwoorden die gegeven zijn. Valt er iets op aan de antwoorden? Zijn er overeenkomsten tussen de kleuren die gekozen worden voor de fragmenten rapmuziek en bij de dancemuziek? Zijn het bijvoorbeeld lichte kleuren, of juist donkere kleuren?

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

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

Expertise

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

Activiteiten

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

Financier

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

www.wkru.nl

www.wetenschapdeklasin.nl



@WKRU1



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



@wkrunijmegen



@wkrunijmegen

Over de boekenreeks

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

Wetenschappelijke thema's de klas in

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

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

Leidraad onderzoekend leren

Bij de boekenreeks hoort een leidraad onderzoekend leren (Van Baren-Nawrocka & Dekker, 2019). Leraren kunnen met behulp van deze leidraad een project onderzoekend leren vormgeven in de klas. In de leidraad staat een uitgebreide beschrijving van de zeven stappen van onderzoekend leren. Het biedt handvatten en suggesties voor de manier waarop de leraar de leerlingen kan begeleiden bij het onderzoeksproces. De leidraad is online beschikbaar via de website www.wetenschapdeklasin.nl.

Website met aanvullend materiaal

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

Thema's per boek

Boek 11	Geloven – Ontdek hoe religie mensen beïnvloedt in hun denken en doen, en hoe niet Neustussenschot – Kan een neustussenschotcorrectie helpen om beter te ademen? Samenwerkende zintuigen – Het raadsel van (automatisch) kleuren bij woorden en getallen zien + <i>didactisch hoofdstuk: 'Klein beginnen met onderzoek' door Jos Marell</i>
Boek 10	Levende cellen – Wat maakt een cel een cel, en hoe zorg je dat namaakcellen blijven leven? Gedachte-experimenten – Wat gedachte-experimenten ons kunnen leren Menselijke machines – Wat is het verschil tussen menselijke en kunstmatige intelligentie? + <i>didactisch hoofdstuk: 'Creatief denken stimuleren' door David van der Kooij en Femke van Os</i>
Boek 9	Sport – Wat is het effect van intensief sporten op de gezondheid van ons hart? Slimme computers – Hoe kunstmatige intelligentie dokters kan helpen bij het stellen van een diagnose Automatisch gedrag – Het nut van automatisch gedrag en hoe lastig het is om het te onderdrukken + <i>didactisch hoofdstuk: 'Dialogische gesprekken voeren: Hoe doe je dat?' door dr. Chiel van der Veen</i>
Boek 8	Kleding – Wat zegt kleding over onze identiteit en welke impact heeft kleding op mens en milieu? Magneten – Ontdek hoe magneten werken en welke invloed licht hierop heeft Protest – Staken is besmettelijk: hoe werkt die beïnvloeding door anderen? + <i>didactisch hoofdstuk: 'Vragen wat je echt wilt weten' door dr. Harry Stokhof</i>
Boek 7	Malaria – Hoe worden muggen door mensen besmet met malaria? Jheronimus Bosch – Wat maakt deze schilder zo bijzonder? Geheugen – Hoe kun je het best dingen onthouden? + <i>didactisch hoofdstuk: 'Nieuwsgierig door observeren' door WKRU</i>
Boek 6	Molecuulbotsingen – Eigenschappen van botsende moleculen bij extreem lage temperaturen Stress – Ontdek verschillende manieren waarop je op stress kunt reageren Taal der zintuigen – De invloed van taal en cultuur op zintuigelijke waarnemingen + <i>didactisch hoofdstuk: 'Begeleiden vanuit een groeimindset' door WKRU</i>
Boek 5	Typisch Nederlands – Kenmerken en vorming van de Nederlandse identiteit Elkaar begrijpen – Hoe komt het dat we elkaar begrijpen? Het oog – De werking van het oog en wat er mis kan gaan + <i>didactisch hoofdstuk: 'Het begint met nieuwsgierigheid' door WKRU</i>
Boek 4	Het Higgsdeeltje – De ontdekking van het deeltje dat zorgt dat dingen gewicht hebben Netwerken in het brein – Hoe werkt ons brein en wat is de relatie met DNA? Het wonderkind David Gorlaeus – Wat voor invloed heeft leeftijd en ervaring op ons denken?
Boek 3	Waarnemen en bewegen – De relatie tussen waarnemingen en het coördineren van bewegingen Onder invloed – De invloed van de omgeving op risicovol gedrag Gevaarlijke ideeën – Het verband tussen ideeën en veranderende regels in de maatschappij
Boek 2	DNA – Erfelijkheid en kopieerfoutjes in je DNA die je leven kunnen bepalen Gedrag – Hoe zorgen je hersenen ervoor dat je verleidingen kunt weerstaan? Infecties onder de loep – De groei en eigenschappen van bacteriën en schimmels
Boek 1	Angst – Wat is angst en hoe kun je het beïnvloeden? Grafeen – Wat zijn de verschillende unieke eigenschappen van grafeen? Denkbeelden over het begin – Hoe tijd, plaats en cultuur onze denkbeelden bepalen

Engelse uitgave

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

Foto- en illustratieverantwoording

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

Foto's met kinderen zijn hieronder niet apart vermeld, deze vallen alle onder het copyright van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit © 2022 WKRU. Deze foto's mogen wel worden gebruikt in een integrale kopie van minimaal twee pagina's.

Hoofdstuk 1: Klein beginnen

• Veer bekijken, © 2021 Jos Marell	10
• Stroomdiagram, © 2021 Jos Marell	13
• Tuinslak bekijken, © 2021 Jos Marell	15
• Tuinslak op hand, © 2021 Jos Marell	15
• Segrijnslag bekijken, © 2021 Jos Marell	15
• Fossielen in mergel, © 2021 Jos Marell	16

Hoofdstuk 2: Geloof jij het?

• Dr. Niels Spierings, © 2022 Archief Niels Spierings	22
• Tunesische revolutie, CC BY-NC 2.0 Amine Ghrabi (bron: flickr.com)	23
• Maaltijd delen, CC BY-NC-ND 2.0 Church of the Redeemer (bron: flickr.com)	24
• Moskee naast kerk, CC-BY-SA-4.0 Robert Schediwy (bron: commons.wikimedia.org)	25
• Kinderen lezen in de Koran, CC BY 2.0 Nevil Zaveri (bron: flickr.com)	27
• Religieuze symbolen, aangepast van: CC BY-SA 3.0 Pass a Method (bron: commons.wikimedia.org)	29
• Wereldkaart moslims, aangepast van: CC BY-SA 3.0 M Tracy Hunter (bron: commons.wikimedia.org)	29
• Kaart Arabisch Midden-Oosten en Noord-Afrika, CC BY-SA 3.0 Fayçal (bron: commons.wikimedia.org)	30

Hoofdstuk 3: Een neus voor onderzoek

• Dr. Niels van Heerbeek, © 2020 WKRU	56
• Prof. dr. Maroeska Rovers, © 2020 WKRU	56
• Anatomie van de neus voor- en zijaanzicht, CC BY-NC-SA 4.0 Jimmy Israël	58
• Recht & afwijkend neustussenschot, aangepast van: Engin Akyurt, Pixabay License (bron: pixabay.com)	58
• PNIF zij- en bovenaanzicht, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU	60
• Reukgedeeltes van de neus, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU samengesteld uit: -CC BY 3.0 US Cenvéo (bron: courses.lumenlearning.com) -CC BY-SA 4.0 Bruce Blaus (bron: commons.wikimedia.org)	62

Hoofdstuk 4: Samenwerkende zintuigen

• Dr. Tessa van Leeuwen, © 2019 Gerard Verschooten	86
• Dr. Mark Dingemanse, © 2020 WKRU	86
• Boubas en Kiki, aangepast van: CC BY-NC-SA 4.0 Mark Dingemanse, Marcus Perlman en Pamela Perniss (bron: Cambridge University Press)	87
• Voorbeeld van een letter-kleur associatietest, aangepast van: Basten Rolf Stokhuyzen, publiek domein (bron: gno.mpi.nl)	88

• Afstand tussen kleuren, CC BY-NC-SA 4.0 Mark Dingemanse	89
• Vergelijking van drie deelnemers, CC BY-NC-SA 4.0 Mark Dingemanse	90
• Klinkerruimte en tongposities, CC BY-NC-SA 4.0 Mark Dingemanse	91
• Klinkerruimte en kleurcirkel, CC BY-NC-SA 4.0 Mark Dingemanse	92
• Voorbeeld synesthesie, CC BY-NC-SA 4.0 Tessa van Leeuwen	95
• Nyoronyoro (kronkelen), © 1989 "Nihongo Gitaigo Jiten", Taro Gomi, Kodansha Ltd.	96
• Hirahira (fladderen), © 1989 "Nihongo Gitaigo Jiten", Taro Gomi, Kodansha Ltd.	96
• Pyon pyon (hop hop), © 1989 "Nihongo Gitaigo Jiten", Taro Gomi, Kodansha Ltd.	96
• Gepauzeerd beeld McGurk-illusie, © 2011 Mark Mitton en Josh Aviner (bron: youtube.com)	100

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

Financiers

Het WKRU wordt mogelijk gemaakt door:

Radboud Universiteit



Aanvullende sponsor:

Radboudumc

Jaarlijkse activiteiten WKRU

Het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU) organiseert terugkerende evenementen en activiteiten op het gebied van wetenschapsonderwijs voor professionals in het basisonderwijs en onderzoekers van de Radboud Universiteit en het Radboudumc. Het creëren van een onderzoekende houding bij basisschoolleerlingen staat hierbij centraal.

Radboud Science Teams

Elk jaar werken drie Radboud Science Teams, gevormd uit toponderzoekers en leraren, aan lessen voor het basisonderwijs met onderzoekende activiteiten rond een wetenschappelijk thema. De activiteiten die hieruit ontstaan vormen een goede basis voor leerlingen om zelf onderzoek te doen. De lessen verschijnen jaarlijks in de boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!* en op de bijbehorende website www.wetenschapdeklasin.nl



Winterschool

Jaarlijks organiseert het WKRU eind januari een professionaliseringsdag voor leerkrachten op het gebied van wetenschapsonderwijs. Via lezingen en workshops maken deelnemers kennis met onderzoek van wetenschappers vanuit verschillende vakgebieden in de universiteit en krijgen zij concrete activiteiten mee om het onderzoek in de klas te behandelen. Daarnaast zijn er workshops over het begeleiden van leerlingen bij onderzoeksvaardigheden.



Onderzoeker in de klas

In hun eigen klaslokaal raken leerlingen geïnspireerd door een onderzoeker van de Radboud Universiteit of het Radboudumc. Samen verkennen zij het onderzoeksthema van de onderzoeker in een leuke, interactieve en informatieve les. De onderzoekers worden bij het maken van hun les begeleid door het WKRU.



Professionalisering van leerkrachten

Het WKRU heeft jarenlange ervaring bij het ondersteunen van leraren bij de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden en stimuleren van een onderzoekende houding van leerlingen. Op basis hiervan kunnen wij professionalisering op maat verzorgen. Dit kan in de vorm van één of meer workshops voor het hele team tot individuele begeleiding in de klas.



Kijk voor meer informatie over deze activiteiten op onze website: www.wkru.nl

