

Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

DNA, Gedrag en Infecties onder de loep

Marieke Peeters, Winnie Meijer & Roald Verhoeff (redactie)

Hoofdstuk 2: DNA



Colofon

Redactie: dr. Marieke Peeters, Winnie Meijer, MSc & dr. Roald Verhoeff

Vormgeving: Elke Jacobs

Eerste druk januari 2013

ISBN: 978-90-818461-1-0

Uitgave:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen

Heyendaalseweg 135

Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen

Nederland

www.wkru.nl

© 2013 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen



Correspondentie:

Dr. Marieke Peeters

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen

FNWI, Institute for Science, Innovation and Society - postvak 77

Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen

(024) 366 72 22

infoWKRU@ru.nl

Wilt u een exemplaar bestellen?

Ga naar: www.wkru.nl/boek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen.

Aan de totstandkoming van deze uitgave is de uiterste zorg besteed. Voor informatie die desondanks onvolledig of onjuist is opgenomen, aanvaarden auteur(s), redactie en uitgever geen aansprakelijkheid. Voor eventuele verbetering van opgenomen gegevens houden zij zich aanbevolen.

Hoofdstuk 2. DNA

Dit hoofdstuk beschrijft het onderzoeksthema 'DNA' in twee delen. Paragraaf 2.1, 'Ziek van nieuwe foutjes in je DNA', gaat dieper in op het onderzoek van de afdeling Humane Genetica van het UMC St Radboud. Aangezien DNA een niet-alledaags onderwerp is op de basisschool, kan het goed zijn om eerst even de basiskennis over DNA op te halen. We hebben hiervoor een subparagraaf 2.1.1 getiteld 'DNA en erfelijkheid' opgenomen.

In paragraaf 2.2 is de vertaling gemaakt naar bovenbouwklassen en worden de activiteiten zoals die hebben plaatsgevonden beschreven. Vanuit drie scholen is hier een bijdrage aan geleverd. Allereerst wordt in paragraaf 2.2.1 beschreven hoe de kinderen op de Montessorischool Nijmegen zich hebben gericht op het kopieergedrag van DNA en de mogelijke foutjes die daarbij kunnen ontstaan. Vanuit basisschool 't Holthuis is het thema DNA breed verkend en zijn alle stappen van onderzoekend leren uitgebreid aan de orde gekomen. De kinderen hebben zelf onderzoek gedaan naar de verschillende subthema's rondom DNA. Dit wordt beschreven in paragraaf 2.2.2. Als laatste beschrijven de leraren van basisschool de Lanteerne in paragraaf 2.2.3 met name welke activiteiten de kinderen in de verkenningsfase hebben gedaan en welke onderzoeken in de klassen zijn uitgevoerd.

2.2 Project ‘Uniek door nieuwe foutjes in je DNA’ de klas in!

In deze paragraaf komen drie projecten aan bod waarin de vertaling is gemaakt van het onderzoek van Han Brunner en Joris Veltman naar onderzoeksactiviteiten in de klas. Het onderzoek dat als titel heeft ‘Ziek door foutjes in je DNA’ is door de leraren veranderd in de projecttitel ‘Uniek door nieuwe foutjes in je DNA’. Deze titel benadrukt meer het uniek zijn en roept een positievere associatie op dan het woord ‘ziek’. Deze paragraaf is opgedeeld in drie onderdelen.

Allereerst zal in paragraaf 2.2.1 het project op de Montessori basisschool Nijmegen beschreven worden. Naast DNA kwam het kopieergedrag en de foutjes die daarbij kunnen ontstaan aan bod. Hoewel kinderen in dit project niet een eigen onderzoek omtrent DNA hebben uitgevoerd, biedt dit project wellicht inspiratie voor leraren die een meer afgebakend en kortlopend project over DNA willen uitvoeren in de klas.

In paragraaf 2.2.2 wordt het uitvoerige project van basisschool ‘t Holthuis beschreven. In dit project hebben kinderen kennis gemaakt met DNA en de foutjes die daarbij kunnen ontstaan. Daarna hebben de kinderen zelf onderzoeken opgezet en uitgevoerd. Dit deel wordt ondersteund met filmpjes van de activiteiten in de klas, die toegankelijk zijn via de website www.wkru.nl/boek.

Als laatste volgt in paragraaf 2.2.3 een vergelijkbaar project op basisschool de Lanteerne. De leraren van de Lanteerne beschrijven in dit laatste deel welke aanvullende activiteiten zij hebben ondernomen en welke onderzoeken de kinderen hebben uitgevoerd over het thema DNA.

2.2.1 Project ‘Aan de slag met kopieerfoutjes van het DNA’ op basisschool Montessori Nijmegen

Angelique Driessen (pabo-studente aan de HAN)

Overzicht DNA-project in groep 7/8 van basisschool Montessori Nijmegen

Als studente in de afstudeerfase kreeg ik vanuit de Pabo Nijmegen het voorstel om binnen de minor ‘Ruimte voor talent’ deel te nemen in een projectgroep van het Wetenschapsknooppunt. Wauw! Voor mij betekende dit een hele nieuwe wereld die mij super interessant leek! Voor mijn afstudeerstage loop ik stage in groep 7/8 op de Montessori basisschool Nijmegen. Hoewel het principe van onderzoekend en ontwerpend leren mooi aansluit bij Montessorionderwijs (Help mij het zelf te doen) is er binnen de school weinig ervaring met deze manier van onderwijs. Ik kreeg alle ruimte binnen mijn stage om dit project uit te voeren; heel interessant en uitdagend voor mij én voor de kinderen! Toen ik er meer over ging lezen, zag ik vele mogelijkheden om met deze ervaringen lessen te ontwikkelen voor mijn stageklas. Ik stelde verschillende doelen op voor mijn persoonlijke ontwikkeling en ook voor de ontwikkeling van de kinderen in mijn stageklas.

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Doelstellingen

- De kinderen maken kennis met 'de wetenschap'.
- De kinderen ontwikkelen een onderzoekende houding.
- De kinderen leren de vaardigheden van onderzoekend leren.
- De kinderen maken kennis met DNA.
- De kinderen worden uitgedaagd dieper na te denken over uiteenlopende (wetenschappelijke) onderwerpen.

Kerdoelen

Kerdoelen die aan de orde gekomen zijn tijdens dit project:

Mondeling taalonderwijs

1. De leerlingen leren informatie te verwerven uit gesproken taal. Ze leren tevens die informatie, mondeling of schriftelijk, gestructureerd weer te geven.
8. De leerlingen leren informatie en meningen te ordenen bij het schrijven van een brief, een verslag, een formulier of een werkstuk. Zij besteden daarbij aandacht aan zinsbouw, correcte spelling, een leesbaar handschrift, bladspiegel, eventueel beeldende elementen en kleur.
9. De leerlingen krijgen plezier in het lezen en schrijven van voor hen bestemde verhalen, gedichten en informatieve teksten.

Wiskundig inzicht en handelen

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

Oriëntatie op de wereld en jezelf

41. De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.
42. De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur.

Opzet project en tijdsinvestering

Om een abstract onderwerp als DNA begrijpelijk te maken voor kinderen van de basisschool heb ik de lessen over de verschillende stappen van onderzoekend leren opgesplitst in drie delen.

Stappen 1 en 2. Introductie over DNA. We starten met een onderzoekje naar erfelijkheid. Door kringgesprekken en uitleg met behulp van een PowerPointpresentatie verkennen de kinderen het onderwerp DNA. De volgende onderdelen komen aan bod:

- Introductiespel en werkblad;
- Theorie over DNA middels een PowerPointpresentatie;
- DNA maken;
- DNA kopiëren.

DNA

Stappen 3 tot en met 6. Door kopieerfoutjes ontstaan afwijkingen, zoals nieuwe talenten, andere eigenschappen of ziekten. Door onderzoek gaan de kinderen het kopieerproces optimaliseren. Hiervoor gebruiken ze hun zelfgemaakte DNA-stroken.

Stap 7. De kinderen gaan op excursie naar de afdeling Genetica van het Radboud Ziekenhuis. Vervolgens schrijven de kinderen een verslag of een verhaal met als thema DNA of wetenschap. Bij het schrijven zullen alle stappen van het schrijfproces doorlopen worden.



Stap 1. Introductie thema 'DNA'



Iedereen is uniek.

Introductiespel 'Iedereen is uniek'

Na de pauze komen de kinderen vrolijk de klas weer in. "Jullie mogen allemaal weer naar buiten! Iedereen gaat in de middencirkel van het voetbalveldje staan." Verwarring en verbazing alom! "Ha leuk, lekker weer naar buiten, maar waarom?" Ik sta aan de rand van het voetbalveldje op een stoel (zodat ik meer overzicht heb). "Alle meisjes gaan in het linkergoaltje staan." Iedereen heeft lol en de twee groepjes plakken samen tot kleine kluitjes. De kinderen weten nog steeds niet waar het om gaat, maar wachten gespannen op de volgende opdracht. "Iedereen die met zijn rechterhand schrijft gaat 5 passen naar achter."

Het doel van dit spel is dat ik een aantal opdrachten geef zodat uiteindelijk niemand meer bij een groepje hoort, iedereen dus alleen staat en uniek is. Dat is de basis waarmee we verder gaan: 'Iedereen is uniek'. De kinderen vinden het heel spannend en volgen elkaar nauwlettend. Na de derde opdracht (*kun je met je tong rollen?*) hebben we al twee 'unieke kinderen'. Ik merk het hardop op: "hé, hier staan twee kinderen helemaal alleen". We gaan verder en de kinderen beginnen te begrijpen waar het om gaat. Als het laatste tweetal maar bij elkaar blijft, wordt elke opdracht spannender. Maar ook zij moeten uiteindelijk uit elkaar, want ze strengelen hun handen anders in elkaar. We hadden negen vragen nodig om in een groep van 31 leerlingen iedereen uniek te maken!

De kinderen kregen vragen totdat iedereen in een apart vakje stond. Ik had hiervoor negen vragen nodig, maar dit is uiteraard per groep verschillend. Ik hield de vaart erin door de vragen snel opeenvolgend te stellen. Tussendoor blikte ik twee keer terug op wat er gebeurde met de groep (er ontstaan steeds meer kleine groepjes en er staan ondertussen 10 kinderen alleen!),

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

hierdoor bleven de kinderen betrokken bij het spel. Tot slot vroeg ik aan de groep: "Wie staat er niet alleen in een vak? Niemand? Ik heb nu 9 vragen gesteld en niemand heeft dezelfde combinatie van eigenschappen! Dat vind ik wel erg bijzonder! Daar gaan we in de klas over verder praten."

Opdracht. 'Iedereen is uniek'

Overzicht van alle vragen:

1. Ben je een jongen of een meisje?
2. Ben je links of rechtshandig?
3. Kun je met je tong rollen?
4. Heb je blauwe of bruine ogen?
5. Heb je donker of licht haar?
6. Heb je krullen of stijl haar (van jezelf)?
7. Zitten je oorlelletjes vast aan je hoofd of zitten ze deels los?
8. Heb je een kuiltje in je kin?
9. Strengel je handen in elkaar. Welke duim ligt boven?
10. Kun je een V maken met je vingers (voor doen)?
11. Doe je armen over elkaar. Welke arm is voor?
12. Zit er in je haarlijn op je voorhoofd een puntje (een V)?

Kringgesprek over introductiespel 'Iedereen is uniek'

Terug in de klas werd er nog een tijdje met de tong gerold en werden de verschillende oorlelletjes en oogkleuren bestudeerd. In een kort kringgesprek kwamen we op de onderwerpen erfelijkheid en DNA. We hebben hier kort over gesproken en zijn vervolgens aan de slag gegaan met het werkblad 'Op wie lijkt jij het meest?'

Werkblad 'Op wie lijkt jij het meest?'

Het introductiespel was een goede inspiratiebron om over erfelijkheid na te denken. Bij het invullen van het werkblad 'Op wie lijkt jij het meest?' moesten de kinderen nadenken over de eigenschappen die zij zelf hebben en die van hun familie. Door het invullen van het werkblad ontdekten de kinderen dat sommige eigenschappen erfelijk zijn. Na het kringgesprek wilde ik de kinderen ruimte geven om hier zelf verder over na te denken. Daarom heb ik onderaan het werkblad lege regels toegevoegd. Hier mochten de kinderen eigenschappen waar zij in geïnteresseerd waren aanvullen. Deze eigen interpretatie van de kinderen was na de les een mooie aanleiding om kort verder te praten over welke eigenschappen nu erfelijk zouden zijn en welke niet. Tijdens het invullen van het werkblad kwamen er vragen als "Mag ik onze poes er ook op schrijven, want die woont altijd al bij ons?" en "Kan ik mijn opa erbij schrijven, ook al is hij al dood?" De ruimte om zelf eigenschappen te verzinnen die je zou willen onderzoeken is door de kinderen heel creatief ingevuld:

- Ben je origineel?
- Ben je lief en geweldig?
- Heb je zachte wangen?
- Eet je je bord eten leeg?

Kinderen kwamen verbaasd hun ingevulde werkblad laten zien. "Ik lijkt op iedereen evenveel! Dat had ik me nog nooit zo gerealiseerd" en "Ik lijkt gelukkig op mijn lievelingszusje" en heel verbaasd "Ik lijkt heel veel op mijn tante, hoe kan dat nou?"

DNA

Naam: Datum:		Werkblad: op wie lijk jij het meest?						
Eigenschap	Uitleg	Jij	Rutger	Jaul.	Susanne	Hariger	Bloem	Engel
Jongen/meisje	Ben je een jongen of een meisje?	meisje	jongen	meisje	meisje	jongen	meisje	jongen
Links- of rechts-Handig	Schrijf of gooi je uit jezelf met links of rechts?	rechts	rechts	rechts	rechts	rechts	links	rechts
Oogkleur	Heb je blauwe ogen of heb je bruine ogen?	bruin	blauw	blauw	bruin	blauw	blauw	blauw
Puntige haartlijn	Controleer je haartlijn of haarinplant: zit er een puntje op je voorhoofd in de vorm van een V?	geen	geen	geen	geen	geen	geen	geen
Haarkleur	Zijn je haren donker of licht?	donker	licht	licht	donker	licht	licht	licht
Haarvorm	Heb je krullen/golven of zijn je haren steil?	krullen	steil	steil	krullen	steil	steil	steil
Ik ben sportief	Ben je graag in beweging en/of doe je veel aan sport?	graag in beweging	graag in beweging	beetje beweging	graag in beweging	graag in beweging	beetje beweging	graag in beweging
Ik slaap veel	Ga je graag slapen en slaap je vaak lekker-uit?	Ja	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Ik heb een bril	Heb je een bril?	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee
Ik lees veel	Lees je veel?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Ik kijk veel tv	Kijk je veel tv?	beetje	Ja	beetje	beetje	Nee	beetje	Ja

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Uitleg bij het werkblad 'Op wie lijkt jij het meest?'

Lijk je op je vriendje/vriendinnetje of op je familie?

Als je om je heen kijkt of als je het spel 'Hoe uniek ben jij?' gespeeld hebt, dan zie je dat je maar op een paar eigenschappen hoeft te letten om te merken dat je anders bent dan je vriendje of vriendinnetje: je bent uniek!

Toch zeggen we allemaal wel eens: 'dat heb ik van mijn moeder of van mijn opa'.
Je lijkt waarschijnlijk meer op je familie dan op je vriendje of vriendinnetje.

Vreemde familie?

Hieronder staat een lijst met een aantal eigenschappen waarvan we gaan uitzoeken of ze veel in je familie voorkomen.

Als je alles hebt ingevuld kun je zien op wie jij in jouw familie het meeste lijkt.

In de eerste tabel staat uitgelegd wat er met de eigenschappen bedoeld wordt.

Vul in de onderste rijen een aantal eigenschappen in die je ook wilt onderzoeken.

Bijvoorbeeld: ik hou van lezen / ik ben altijd vrolijk / ik los een ruzie altijd snel op.

Uitvoering

Dan schrijf je bovenaan in de kolommen namen van vader, moeder, broertjes, zusjes, opa's, oma's, of zelfs van je ooms/tantes/neefjes/nichtjes.

Vul dan de tabel in voor jezelf en de rest van de familie.

Je krijgt zo een hele lijst van wie welke eigenschappen wel of niet heeft.

Omcirkel van iedereen de eigenschap die hetzelfde is als bij jou.

Degene met de meeste cirkels lijkt het meest op jou.

Op wie lijkt je het meest? _____

Het werkblad 'Op wie lijkt jij het meest?' is te downloaden via de website www.wkru.nl/boek.



Stap 2. Verkennen

Stap 2 is opgedeeld in drie onderdelen:

- De uitleg over DNA;
- De kinderen maken een eigen (symbolische) DNA-strook;
- Het kopiëren van hun eigen DNA.

Uitleg over DNA

De eerste sheet van de PowerPointpresentatie staat al op het digibord als de kinderen de klas weer inkomen. “Oh leuk, we gaan verder met het DNA!” hoor ik roepen. Het kost me geen moeite de aandacht te krijgen als ik met de les wil beginnen.

De presentatie is heel basaal gemaakt. “Ik ga uitleg geven over DNA. Waarschijnlijk krijg je woorden te horen die je niet begrijpt. Schrijf die woorden op een kladblaadje, dan bespreken we ze aan het einde van de les nog een keer. Als je tijdens de presentatie een vraag hebt, mag je die meteen tussendoor stellen. Ik zal proberen een antwoord te geven, maar als ik geen antwoord weet, dan schrijven we de vraag op. Over een paar weken mogen we op excursie naar de wetenschappers die DNA onderzoeken en dan kunnen we die vragen daar stellen.”

Er kwamen veel vragen tijdens de presentatie. Daarom duurde deze ook langer dan gepland. Na een half uur heb ik afgerond. Het was heel interessant! Een onderwerp dat de kinderen erg bezig hield was: “Hoe komt het dat er tweelingen worden geboren?” en “Hoe ontstaan Siamese tweelingen?” Ook de grote getallen (bijvoorbeeld: alle DNA in ons lichaam heeft totaal een lengte van 400 keer naar de zon en terug en ons lichaam bestaat uit 3 biljoen cellen) spraken tot de verbeelding en bleven onderwerp van gesprek. Bij het tweede filmpje legde ik nogmaals de nadruk op hoe klein een cel is en hoe klein dan die chromosomen wel zouden zijn. Na het filmpje kreeg ik de vraag “of wij ook van die stenen in ons lichaam hebben”.

De PowerPointpresentatie zoals gegeven door Angelique en waar later in het hoofdstuk naar verwezen wordt door andere leraren hebben we hier opgenomen. Per slide treft u een tekst aan die u kunt gebruiken wanneer u deze presentatie aan uw klas gaat geven.

De PowerPointpresentatie over DNA is te downloaden via de website www.wkru.nl/boek.

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Uitleg bij PowerPointpresentatie over DNA

Slides 1 en 2: We starten met een kort filmpje over DNA van schooltv 'Iedereen is anders'¹

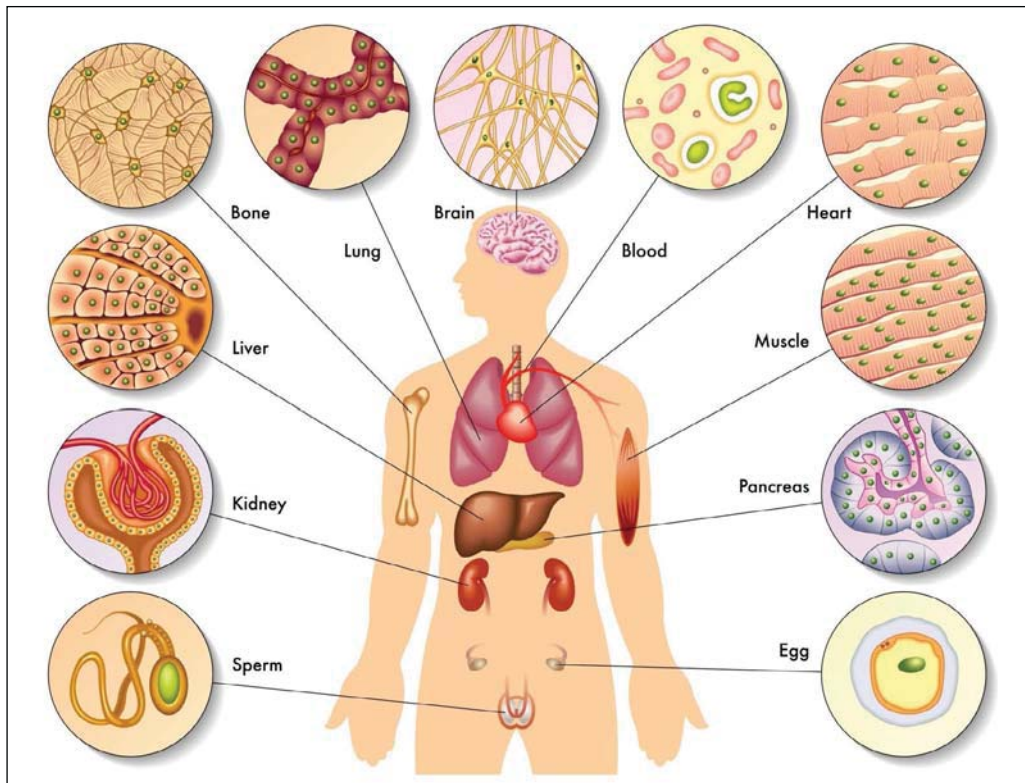
Slide 3:



Hier zie je Evi. Evi is gemaakt van spieren, botten, huid, bloedvaten, hersenen, nieren, en nog een heleboel meer onderdelen. Als we nu een heel sterk vergrootglas zouden nemen (KLIK) kon je zien dat Evi bestaat uit een heleboel kleine onderdeeljes: de cellen. Ze zijn erg klein, nog kleiner dan zandkorrels. Zelfs deze microscoop is niet sterk genoeg om de cellen te kunnen zien. Hiervoor gebruiken ze tegenwoordig computers.

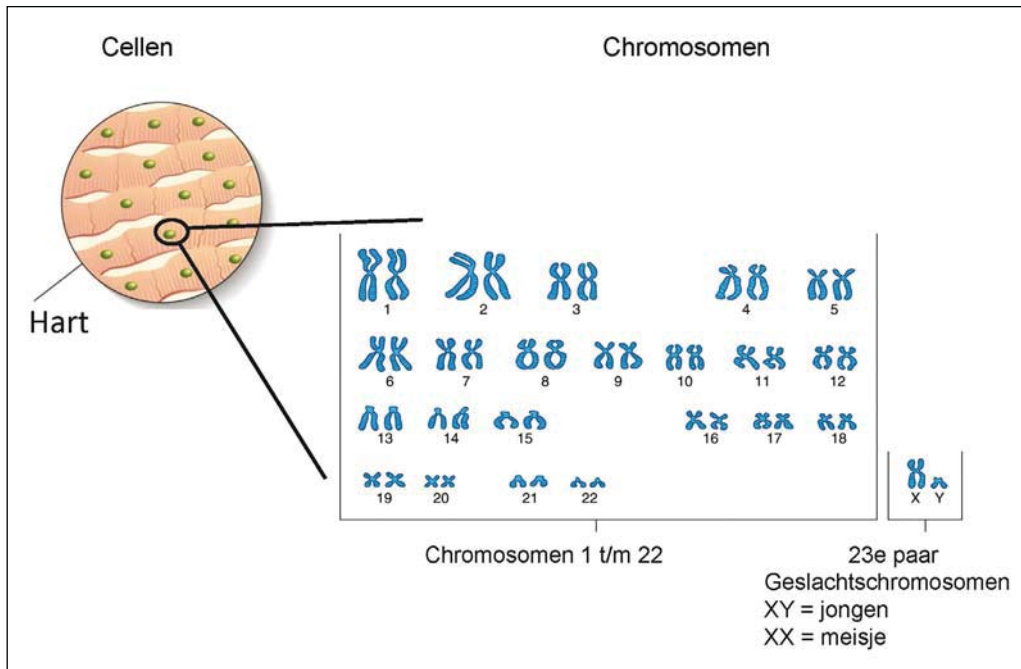
Slide 4:

Ook de spieren en de lever en het hart van Evi en haar hele lichaam bestaan uit cellen. Niet alleen Evi, maar ook jullie en alle mensen, dieren en planten zijn gemaakt van cellen.



DNA

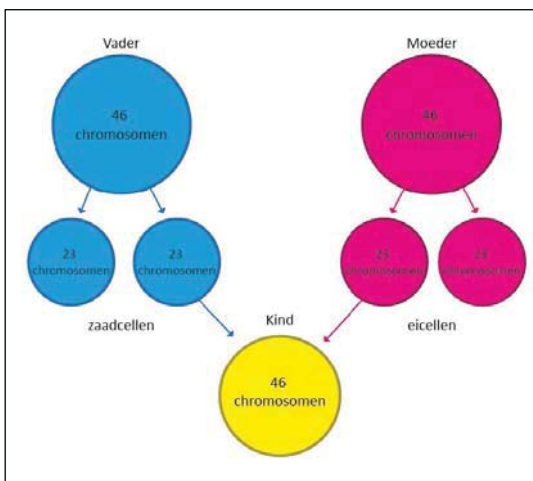
Slide 5:



Hier zie je een paar cellen van Evi. In het midden zit een soort pit: de kern (ofwel celkern). En in die kern zitten chromosomen. Daar laat ik dadelijk nog een ander plaatje van zien. In die chromosomen zit weer DNA. En dat DNA bepaalt welke eigenschappen jij hebt.

Daar hebben we het in de vorige les over gehad. Jullie hebben onderzocht op wie je in je familie het meest lijkt. Je eigenschappen – of hoe je bent en hoe je eruit ziet en bent – dat heb je namelijk van je ouders meegekregen. Ik laat op het volgende plaatje zien hoe dat werkt.

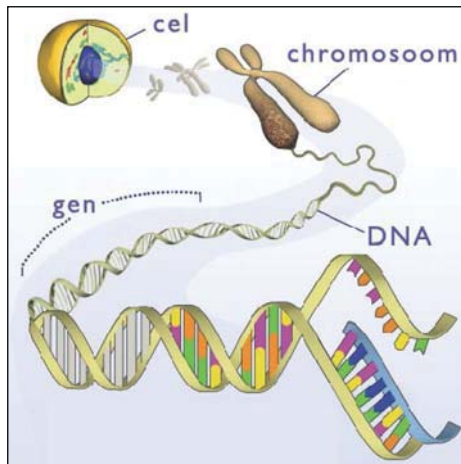
Slide 6:



In elke cel zitten chromosomen. Elk chromosoom komt twee keer voor, één komt van je vader en één van je moeder. Er zijn dus in totaal 23 chromosoomparen. In alle cellen van je lichaam zitten allemaal precies dezelfde chromosomen. Alleen in een eikel en in een zaadcel zitten geen paren, maar alleen de enkele chromosomen. Als die eikel en zaadcel dan bij elkaar komen, dan heb je samen toch weer 23 chromosomenparen. Om te kunnen groeien, gaan de chromosomen zich kopiëren. Daarna delen ze zich omdat de cel waarin ze zitten zich in tweeën deelt. Daarom heeft elke cel in het lichaam ook precies dezelfde chromosomen.

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Slide 7:



Om uit te leggen hoe dat kopiëren gaat, laat ik eerst zien hoe DNA eruit ziet. Dit is nogmaals een plaatje van een cel. In die cel zie je de celkern en daarin zitten de chromosomen (23 paar). Een chromosoom ziet er ongeveer zo uit. En in die chromosomen zit het DNA als een soort opgerold touwtje. Bedenk nog even hoe klein dit eigenlijk is, als je nog even bedenkt dat een cel al kleiner is dan een zandkorrel! Dat DNA lijkt dus op een dun opgerold draadje. En zelfs dat draadje is ook weer op te splitsen. Dat zie je hier uitvergroot. Belangrijk op dit plaatje is dat je de kleuren bekijkt. Op de volgende animatie zie je dat beter.

Slide 8: Animatie van DNA kopiëren

(Open de link) Kijk eens goed naar de kleuren. Valt je iets op? (Geef de kinderen tijd om even te kijken).

Elke kleur heeft ook een letter en elke kleur hoort altijd bij dezelfde kleur. Geel hoort bij blauw en groen hoort bij rood.

Zo'n stukje DNA, met verschillende kleuren bij elkaar, dat noemen ze een gen. En bij elk gen hoort een eigenschap. Dus dit stukje bepaalt bijvoorbeeld dat je blauwe ogen hebt en dit stukje dat je krullen hebt.

En dan zie je op dit plaatje ook hoe het DNA zich kopieert: de kleuren die bij elkaar horen splitsen zich en er komen nieuwe kleuren aan vast. Dit gaat zo een tijdje door, totdat het hele chromosoom zich gekopieerd heeft en dan heb je 2 chromosomen. Zijn die chromosomen dan precies hetzelfde? JA. In je hele lichaam zitten dezelfde chromosomen, alleen overal wordt een ander stukje gebruikt. De cel 'leest' de informatie in het gen en leest ook alleen wat hij nodig heeft. Een cel in het oog leest bijvoorbeeld wel de informatie voor oogkleur, maar niet voor krullen of steil haar. Daarom kunnen onderzoekers je DNA bepalen uit je haarwortel, of uit je huid, of uit je slijm. Het DNA is in al je cellen hetzelfde. Cellen moeten steeds heel hard werken om zich te kopiëren, eerst omdat je nog maar een eitje (maar één cel) bent en je moet groeien, maar later blijven cellen zich kopiëren omdat je haren moeten groeien en omdat je nieuwe spieren krijgt en omdat sowieso alle cellen steeds vernieuwd moeten worden.

Slide 9: Kort filmpje over kopiëren van DNA

(Open de link) Ik laat nu een Engels filmpje² zien over hoe het DNA zich kopieert. Houd wel in je gedachten dat dit heeeel erg is uitvergroot!

DNA

Slide 10:

Tot slot een paar interessante weetjes.

Weetjes:

- Hoeveel cellen heeft een menselijk lichaam? **30.000.000.000.000**
= 30 biljoen
- Hoeveel chromosomen zitten er in een celkern? **2 x 23**
- Hoe lang is 1 streng DNA? **2 meter**
- Hoe lang is al het DNA van 1 mens? **400 x naar de zon én terug!**
- Hoe lang duurt het gemiddeld voordat 1 cel zich gedeeld heeft? **24 uur**
- Uit hoeveel stukjes bestaat DNA? **6 miljard = 6.000.000.000**

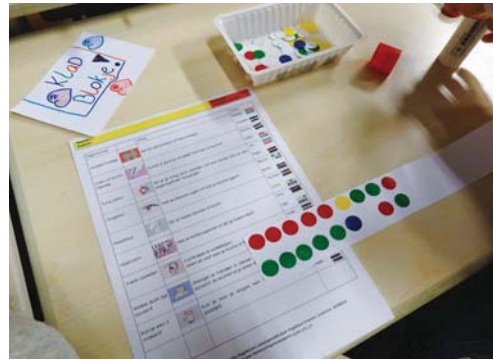


Sluit aan bij rekenen, zoals het werken met grote getallen. Laat de kinderen zelf bedenken hoe de getallen met al die nullen uitgesproken worden!

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Je eigen DNA maken

Door veel brainstormen heb ik een les kunnen ontwerpen om het abstracte begrip DNA heel concreet te maken. De kinderen gaan hun eigen DNA maken. Hierbij vormen de eigenschappen uit de eerste les (uit het werkblad 'Op wie lijkt jij het meest') de basis. Elk van deze eigenschappen heb ik een kleurcode gegeven. Hierbij heb ik de kleuren rood, geel, groen en blauw gebruikt. In de wetenschap worden deze kleuren ook gebruikt om het DNA te schematiseren.



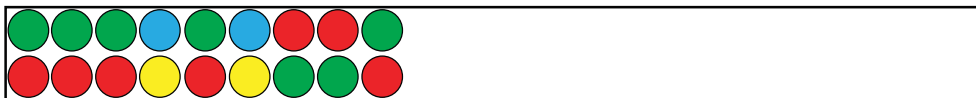
Je eigen DNA maken!

Opdracht. Je eigen DNA maken

"Jullie gaan je eigen DNA maken! En wel als volgt: jullie krijgen allemaal zo'n strook papier, een heleboel plakkertjes en het werkblad 'iedereen is uniek'. Vorige week hebben we een aantal eigenschappen besproken. Jullie hebben ervaren dat iedereen uniek is, niemand uit deze klas is hetzelfde als jij! Ik heb op dit werkblad al die eigenschappen staan en daarachter staat een kleurcode. Die kleurcode zou je kunnen vergelijken met een gen uit het DNA. Deze codes zijn alleen niet echt, ik heb ze verzonnen, maar als wij ze nu zo aanhouden, kunnen we met de klas wel ons DNA vergelijken. Jullie krijgen van mij dadelijk ook zo'n blad. Je begint met het doorstrepen van de kleurcode van de eigenschap die *niet* bij jou hoort. Daarna ga je op deze strook de rondjes plakken. Die moeten wel precies in deze volgorde geplakt worden en ze moeten ook heel netjes precies onder elkaar geplakt worden!

Als iedereen klaar is kan onderling gecontroleerd worden of er dezelfde stroken bij zitten. Natuurlijk is het antwoord NEE, want iedereen is uniek, dat hebben we de eerste les immers al ontdekt en ervaren.

Voorbeeld DNA-strook:



.....etc

DNA

Het 'DNA-wie-is-het-spel'

Nadat de stroken gemaakt waren en we het kringgesprek afgesloten hadden, kwamen de kinderen zelf met een idee. Ze wilden een spel doen met de DNA-stroken: het 'DNA-wie-is-het-spel'. Ik pak 1 strook DNA. Alle kinderen gaan op hun stoel staan. Door middel van de kleurcode lees ik welke eigenschap er op dit DNA staat. Iedereen die die eigenschap niet heeft gaat zitten. Dit herhaal ik met volgende stroken totdat er maar één kind overblijft, want iedereen is uniek, geen enkele strook is hetzelfde. De kinderen hadden dit zelf verzonnen. het bewijs dat ze goed hebben begrepen dat iedereen uniek is. We hebben dit spel hierna nog heel vaak gespeeld in de klas. Ik moest wel steeds onderaan beginnen, want de eerste vraag is zo voorspelbaar 'Ben je een jongen of meisje?' en dat vonden de kinderen minder leuk!

DNA kopiëren

De basis voor deze lessen is het wetenschappelijk onderzoek 'Ziek van nieuwe foutjes in je DNA'. In dit onderzoek wordt bewezen dat tijdens het kopieerproces van het DNA foutjes kunnen optreden. Deze foutjes kunnen leiden tot nieuwe eigenschappen, talenten, ziekten en dergelijke.

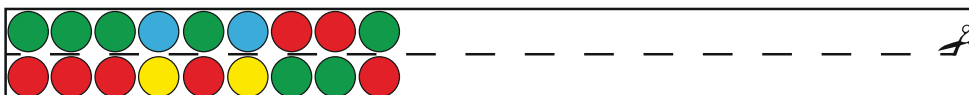
Door de kinderen hun eigen DNA-strook te laten kopiëren ervaren ze zelf dat er inderdaad foutjes kunnen plaatsvinden tijdens het kopieerproces. Ze zullen daarmee de insteek van het onderzoek beter begrijpen. Met deze basis kunnen de kinderen vervolgens na gaan denken over veranderingen (eigenschappen, talenten, ziekten en dergelijke) die ze bij zichzelf of bij anderen herkennen. We zullen hier in een kringgesprek dieper op in gaan.



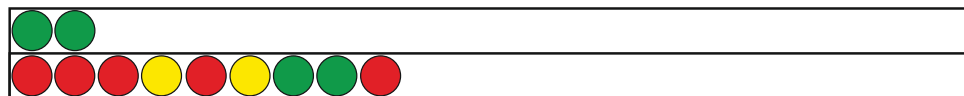
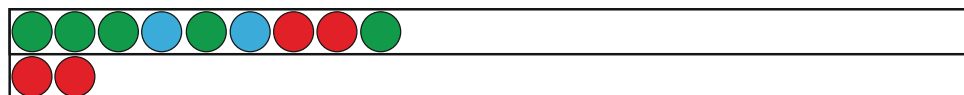
DNA kopiëren.

Opdracht. Uitleg kopiëren eigen DNA

Je eigen strook DNA wordt in de lengte in tweeën geknipt. Je krijgt dan 2 smalle stroken.



Je plakt elke strook op een nieuwe brede strook en je gaat weer bijpassende kleuren plakken:



Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Uit deze voorbereidende lessen halen de kinderen hun inspiratie voor de opzet van een eigen onderzoek. Zie hiervoor verder stappen 3 t/m 6.

Het DNA-project leeft in de klas. Dit komt mede doordat de plaatjes van de PowerPoint les in de gang hangen. Vooral de laatste pagina met alle grote getallen blijft onderwerp van gesprek! Verder werken aan dit project vinden de meeste kinderen dan ook erg interessant. Met het kopiëren van hun eigen DNA-strook hadden ze het idee dat ze zichzelf aan het kopiëren waren!

Ook deze les heb ik afgesloten met een evaluerend kringgesprek. Ik heb de volgende vragen gesteld:

- Wat is er gebeurd? / Wat hebben we gedaan (DNA is gekopieerd)?
- Is alles goed gegaan?
- Wat was lastig?
- Waar kunnen fouten ontstaan?

Vervolgens hebben we gezamenlijk geconcludeerd: dit gebeurt in ons lichaam dus constant! Iedereen was erg onder de indruk!



Stappen 3 t/m 6. Onderzoek naar het kopieerproces

De basis voor deze lessen is het wetenschappelijk onderzoek 'Ziek door nieuwe foutjes in je DNA'. Hiermee wordt bedoeld dat je andere eigenschappen dan je ouders of ziekten kunt krijgen, doordat tijdens het kopieerproces spontane foutjes ontstaan. Ik wilde de kinderen het kopieerproces van hun eigen DNA laten optimaliseren.

Aan het einde van de lessen van fase 2 merkte ik bij de kinderen enige weerstand tegen het plakken van de DNA-stroken. Tot zover was dit geen probleem, omdat de kinderen echt met hun eigen DNA bezig waren en de opdracht van het kopiëren nog overzichtelijk was. Voor stap 3 en stap 4 had ik het plan om een optimaal kopieerproces op te laten zetten. De kinderen hadden hun eigen DNA al een keer gekopieerd. Hierbij hadden ze ervaren welke problemen dat kon opleveren (te weinig plakkrondjes, slechte plak, moeilijk om goede volgorde aan te houden, etc). Het leek mij mooi om dit proces te optimaliseren. Ik snapte echter ook wel de tegenzin van enkele kinderen: het was erg veel plakwerk... Wellicht zou het beter zijn gegaan als ik stickertjes had toegepast. Maar die had ik niet en dan zou er in het kopieerproces ook minder fout kunnen gaan (doordat de plak geen variabele meer is). Ik heb de kinderen nog wel enthousiast gekregen om in groepjes een plan te maken voor een ideaal kopieerproces. Leuk om de verschillende uitvoeringen hierin te zien! Omdat ik merkte dat de interesse niet meer zo groot was in met name het plakwerk, heb ik het presenteren en verbeteren niet meer laten uitvoeren.



Onderzoek naar het optimale kopieerproces van de DNA-stroken.



Stap 7. Verdiepen/ verbreden

Excursie naar de afdeling Humane Genetica

We zijn met de klas op excursie geweest naar de afdeling Genetica van het Radboud Ziekenhuis. Dit was een geweldige ervaring! Zowel kinderen als begeleidende ouders als leerkrachten waren zeer onder de indruk. Meer over deze excursie wordt in de paragrafen 2.2.2 en 2.2.3 beschreven. Als alternatief voor de stappen 3 tot en met 6 heb ik stap 7 uitgebreid. Ik liet de kinderen kiezen of ze een verhaal of verslag wilden schrijven, of (toch nog!) een onderzoekje wilden opzetten. Ik heb ze ook laten kiezen of ze dit verhaal, verslag of onderzoek voor de klas wilden voorlezen of presenteren. De basis van het verhaal, verslag of onderzoek moest te maken hebben met DNA of wetenschap. De kinderen die wilden, konden gebruik maken van een werkblad dat ik gemaakt had voor het schrijven van een verhaal, verslag of onderzoek. Hierin heb ik de verschillende fasen van het schrijfproces uitgewerkt.

Er zijn verrassende verhalen en verslagen uitgekomen. Heel leuk om te lezen en een hele klus om te beoordelen. Zeer de moeite waard! Ook het presenteren was erg gezellig. De kinderen vonden het leuk om elkaars verhaal te horen. Er waren duidelijk meer kinderen die achteraf hadden willen voorlezen, maar zij hadden niet geoefend. Een aanrader om een volgende keer de leerlingen weer te laten voorlezen (presenteren)!

“Super dat we in het lab mochten kijken.” (Leerling)

Evaluatie

Zelf heb ik erg genoten en heel veel geleerd van het hele project. De samenwerking met het projectteam en het enthousiasme van de kinderen tijdens de lessen zullen mij nog lang bij blijven. Ik heb ook gezien dat het voor de kinderen een zeer waardevol project was. Ze hebben kennis gemaakt met een voor hen hele nieuwe wereld (de wetenschap) en de daarbij horende onderzoekende en ontdekkende denkwijze. De integratie met taal (o.a. mondeling in de kringgesprekken en schriftelijk in de stelopdracht) en rekenen (werken met grote getallen) hebben meerwaarde gegeven aan het geheel.

Omdat het voor mij de eerste keer was dat ik op deze manier werkte en omdat ik in mijn eentje dit project in mijn stageschool draaide, zijn niet alle mogelijkheden binnen dit project volledig tot hun recht gekomen. Heel graag zou ik een vervolg hieraan geven waarbij ik meer aandacht zou schenken aan het opzetten van een eigen onderzoek. Na de evaluatie met de andere projectteamleden, heb ik nieuwe input gekregen die ik hiervoor gebruiken kan.

“Ik vond het DNA-project zo leuk dat ik het nooit ga vergeten.”(Leerling)

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

2.2.2 Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' op 't Holthuis

Yvonne Koldenhof (lerares basisschool 't Holthuis)

Charèl Huisman (pabo-studente aan de HAN)

Wetenschap en Techniek op basisschool 't Holthuis

Onderzoekend leren en Reggio Emilia

Het Holthuis heeft al jaren geen methodes meer voor biologie, geschiedenis en aardrijkskunde, maar alle projecten worden zelf ontworpen met de zeven stappen van het onderzoekend leren als structuur en ter inspiratie. Tijdens zogenaamde 'werkmiddagen' komen we als team bij elkaar en bereiden we deze projecten grondig voor. We gebruiken ter voorbereiding het ZAB model. De 'Z' staat voor zinvol, de 'B' voor betekenisvol en de 'A' voor activiteiten. We kijken bij een onderwerp wat wij als leerkrachten 'zinvol' vinden om te behandelen in een project. Hierbij maken we onder andere gebruik van de kerndoelen van SLO Tule³. Daarnaast voorspellen wij wat de kinderen 'betekenisvol' vinden aan een bepaald onderwerp. Deze twee speerpunten zetten we naast elkaar en daar komen activiteiten uit rollen. Zo zorgen we ervoor dat de projecten niet alleen zinvol zijn maar de kinderen ook aanspreken. Van oudsher laten we ons tevens inspireren door de visie van Reggio Emilia. We willen namelijk werken aan de ontwikkeling van het totale kind. Een kind wil leren lezen, schrijven en rekenen, maar het wil ook de wereld echt leren kennen! Waarom regent het? Hoe kan dat? Kan ik het nadoen? Een kind kan en voelt ook veel. Het kan dansen, schilderen, bouwen, toneelspelen enzovoort. Een kind spreekt eigenlijk wel '100 talen'. Vanuit 't Holthuis proberen we met deze 'talen' van de kinderen rekening te houden. We laten ons hierbij inspireren door de onderwijsvisie Reggio Emilia, waardoor we via verschillende 'verwerkingsvormen' verschillende intelligentiebehoeftes aanspreken.

Wetenschap en techniekateliers

Sinds een aantal jaren zijn we ook gestart met wetenschap- en techniekateliers in zowel de onder- als bovenbouw. In de ateliers worden de projecten uit de klassen op een technische en wetenschappelijke manier belicht. Ze hebben een basisinrichting waar de kinderen spullen kunnen vinden om hun verschillende 'talen' te uiten zoals een schildersezal, gereedschap en krijt. De kinderen kunnen hier zelfstandig werken met diverse materialen, zoals Kapla en technisch Lego. Met deze ateliers proberen we tevens aansluiting te vinden bij de projecten in de klas. Wanneer er bijvoorbeeld een project over 'Slakken' draait in de klas, kunnen kinderen met aanvullende opdrachten en materialen aan de slag over dit onderwerp in de ateliers. Kortom, het is een inspirerende werkplek die de nieuwsgierigheid van de kinderen wekt.

Samenwerking met het Wetenschapsknooppunt

Dit is het tweede jaar dat we de samenwerking met het Wetenschapsknooppunt aan zijn gegaan. Vorig jaar hebben wij het project: 'Denkbeelden over het begin⁴' van professor Ellen van Wolde gedraaid in de groepen 5/6. Dit project was zo succesvol dat we graag opnieuw de uitdaging wilden aangaan om een wetenschappelijk onderzoek een plek te geven binnen onze projecten. De kracht van het Wetenschapsknooppunt is om samen te werken met verschillende partijen waardoor de projecten nog meer de diepgang krijgen. We zijn blij dat het Wetenschapsknooppunt ons weer de kans gaf om deze steun te krijgen.

DNA

Het project

Het project is uitgevoerd in groep 7/8 van basisschool 't Holthuis en omvatte een zestal lessen van 2 uur, verdeeld over anderhalve maand tijd.

Doelstellingen

- Aan het einde van stap 2 herkennen de kinderen erfelijke eigenschappen binnen hun eigen familie.
- De kinderen leren een code gebruiken voor het doorgeven van informatie.
- De kinderen kennen de begrippen 'cel', 'chromosoom' en 'DNA'.
- De kinderen krijgen begrip van DNA en van wat er wordt gecodeerd in de genetische code.

Kerdoelen

Mondeling onderwijs

- 2 De leerlingen leren zich naar vorm en inhoud uit te drukken bij het geven en vragen van informatie, het uitbrengen van verslag, het geven van uitleg, het instrueren en bij het discussiëren.

Schriftelijk onderwijs

- 4 De leerlingen leren informatie te achterhalen in informatieve en instructieve teksten, waaronder schema's, tabellen en digitale bronnen.

Getallen en bewerkingen

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

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.

Oriëntatie op jezelf en de wereld

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

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Leerdoelen ten aanzien van de stappen onderzoekend leren en onderzoeksactiviteiten:

- Onderzoek doen en onderzoeksvaardigheden ontwikkelen.
- Onderzoeksvragen opzetten.
- Informatie verwerven uit gesproken taal. Die informatie tevens gestructureerd leren weergeven in een mindmap.
- Gegevens verwerken in grafieken en tabellen en hier conclusies uit trekken.
- Vragen stellen aan een deskundige.
- Voorspellingen doen en verklaringen geven.
- Voorwaarden voor eerlijk onderzoek herkennen en kunnen toepassen.

Integratie met andere vakken

Dit project heeft niet alleen een link gemaakt met Wereldoriëntatie. De vakken expressie, sociaal-emotionele ontwikkeling (SEO), filosofie, rekenen en taal kwamen ook aan bod. Sommige kinderen verwerkten immers hun onderzoeksresultaten in tabellen en grafieken. Geen taak uit het rekenboek kan deze twee vaardigheden betekenisvoller en functioneler aanbieden dan hoe deze kinderen ermee aan de slag gingen. Qua SEO kwamen natuurlijk begrippen zoals 'anders zijn' en 'oordelen' naar boven. Belangrijke thema's om te bespreken tijdens een dergelijk project omdat zeer persoonlijke verhalen en ervaringen naar boven komen, zoals ziekten in de familie of uiterlijke kenmerken. Tijdens de presentatie kwam vooral het vak 'expressie' naar voren. De kinderen mochten allemaal zelf kiezen op welke manier ze hun onderzoek presenteerden. Uiteindelijk kozen de kinderen voor een lied, een beeldend werkstuk, een film, een toneelstuk, foto's, enz. Allemaal 'talen' waarmee kinderen ook kunnen communiceren, maar die vaak vergeten worden! Taal kwam naar voren in de verwerking van hun onderzoeksresultaten en de voorbereiding van het onderzoek. Brieven moesten er bijvoorbeeld gestuurd worden naar de begeleiders van de kinderen met de vraag of er een interview in de klas gehouden mocht worden. De kinderen leerden hoe ze deze brief redelijk formeel konden opzetten. Kortom, genoeg integratie met andere vakken!

DNA in de gehele bovenbouw!

Toen de andere klassen hoorden dat we in de groep 7/8 een project over 'Uniek door foutjes in het DNA' gingen uitvoeren waren de begeleiders gelijk enthousiast om ook aandacht te besteden aan het onderwerp DNA. Zo stonden de maanden maart en april in het teken van DNA in de gehele bovenbouw. Alleen groep 7/8 heeft gericht aandacht besteed aan het onderzoek van Han Brunner en Joris Veltman.



Stap 1. Introductie thema 'DNA'



Bekijk voor een korte uitleg van de activiteiten en de ervaringen van de lerares filmpje 202. Stap 1: Introductie.

Kinderen vertellen ervaringen

Het is vrijdagmiddag... Normaal gonst het al van de energie in groep 7/8 en nu helemaal! Ze hebben namelijk gehoord dat ze mogen deelnemen aan een wel heel spannend project: een wetenschappelijk onderzoek is het uitgangspunt. Een aantal kinderen herinnert zich nog het

DNA

‘Denkbeelden project’ van vorig jaar en weet te vertellen dat het een bijzonder project gaat worden.

We starten het project in de gemeenschapsruimte binnen de school. De kinderen staan daar als een groep. Ik vertel dat ik eigenschappen op ga noemen en als de kinderen zich herkennen mogen ze aansluiten bij kinderen met dezelfde eigenschap. Wie kan zijn of haar tong rollen? Als je je armen over elkaar doet, welke arm ligt dan boven? Heb je licht of donker haar? Al snel wordt de groep in steeds kleinere groepjes opgesplitst. Sarah staat al snel helemaal alleen en meerdere kinderen volgen haar. Twee meiden blijven na alle vragen nog bij elkaar in een groep. Hoe kan dat? En wat zegt dat over hun eigenschappen? Welke eigenschappen hebben ze niet gemeen?



Spel ‘Iedereen is uniek!’



Voor een kijkje in de klas tijdens het spel bekijk het filmpje 203. Spel: Iedereen is uniek!

We gaan terug naar de klas en bespreken wat dit spel nu zegt over ons. De kinderen merken op dat iedereen anders is en dus uniek! “Van je ouders krijg je DNA, van je vader en moeder, dat wordt gemixt, dus ben je uniek!” De meiden vinden het raar dat ze zoveel dezelfde eigenschappen hebben terwijl ze niet dezelfde vader en moeder hebben. Iemand merkt op dat het bijzonder is dat Daan en Floris, die achterneven zijn, snel van elkaar gesplitst waren. En dat is toch familie?

Al snel gaat het gesprek over eigenschappen die je kunt erven van je ouders. Het wordt onrustig in de kring en ik merk dat de kinderen behoefte hebben om allerlei ervaringen en vragen te delen over erfelijke eigenschappen. “Mijn opa en oma hebben allebei bruin haar en hebben een zoon gekregen met rood haar, hoe kan dat?” Iemand vermoedt dat de ene haarkleur dan wel sterker zal zijn dan het andere. “Mijn ouders hebben geen dyslexie maar ik wel, hoe kan dat?” Een paar kinderen denken dat dyslexie een aantal generaties overslaat en vragen of haar opa of oma misschien dyslexie hadden? “Mijn zusje heeft een blauw en een groen oog, hoe kan dat?” Allemaal willen de kinderen hun mysterieuze verhalen over bijzondere eigenschappen in de familie delen binnen de kring. Ik verwacht dat dit onderwerp ‘s avonds aan de keukentafel de nodige vragen zal oproepen...



Voor een kijkje in de klas bekijk het filmpje 204. Kringgesprek over iedereen is uniek.

Op wie lijk jij het meest?

Ik geef de kinderen huiswerk mee voor thuis. De kinderen mogen een mini-onderzoek doen om te kijken op welk familie lid zij het meest lijken. Ze mogen hiervoor het werkblad: ‘Op wie lijk jij het meest?’ gebruiken.

De kinderen mogen tevens onderzoeken of zij een ‘erfelijke eigenschap’ hebben die niemand in de familie heeft! Lijk je op je vader? Lach je net als je oma? Heb je iets wat niemand in je familie heeft? Ook deze opdracht geeft veel ‘reuring’ in de groep en de kinderen gonzen van alle

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

openbaringen en vragen. De ene na de andere bijzondere eigenschap passeert de kring. Het doel van deze opdracht is dat de kinderen erachter komen dat ze misschien eigenschappen hebben die bij geen van de familieleden te zien is. Zo kunnen we na gaan denken over hoe dat kan.



Benieuwd naar de reacties in de klas? Bekijk het filmpje 205. Opdracht: Op wie lijkt je het meest?

Ten slotte vertel ik waar we met dit project naar toe gaan. Dit is voor de kinderen belangrijk omdat je ze dan als het ware al 'focust' op het onderzoek dat ze op een gegeven moment zelf moeten gaan uitvoeren. Ze filteren dan in de komende fases als het ware de informatie en kunnen gericht de verkenningfase ingaan. In dit project gaan we het over 'fouten' in DNA gaan hebben. Iedereen maakt wel eens foutjes, de natuur, maar wij ook! Wij gaan in dit project uitzoeken of en hoe dit gebeurt en nadenken over hoe dit tot ziektes kan leiden.

De kinderen mogen zelf een onderzoek opzetten en aan het eind van het project wordt onze kennis getest in een echt DNA-lab!

DNA-vragenstreng

Ik introduceer de 'DNA-vragenstreng'. Dit is een variant op het 'wel en niet weten bord'. Op één streng kunnen de kinderen bijhouden wat ze al weten over DNA en de andere streng is bedoeld voor de vragen waar ze nog antwoord op willen hebben. Deze nemen we aan het eind van het project mee voor de wetenschappers! *'Zijn slechte eigenschappen ook foutjes in je DNA?'*, *'Heeft ADHD ook met DNA te maken?'*, *'Mijn vader had vroeger blond haar en nu bruin haar, hoe kan dat?'*, *'Verandert je DNA?'*, *'Hoe ziet DNA er van heel dichtbij uit?'*. Het is de bedoeling dat we elke les deze vragenstreng 'updaten'. Op welke vragen hebben we antwoord gekregen en welke vragen komen erbij?



De DNA-vragenstreng.



Voor een kijkje in de klas: bekijk het filmpje 206. DNA-vragenstreng bij stap 1.



Stap 2. DNA Verkennen



Bekijk voor een korte uitleg van de activiteiten en de ervaringen van de lerares filmpje 207. Stap 2: Verkennen.

Stamboommuur!

Al snel stromen er foto's binnen van vaders en moeders van de kinderen uit 7/8. Sommige kinderen hebben foto's meegenomen van hun ouders op dezelfde leeftijd als zij nu. En dan is het raden geblazen. Van wie denken jullie dat deze moeder is? Van wie is deze oma? Sommige kinderen lijken sprekend op hun moeder of vader in dezelfde leeftijd. Mike, de begeleider van groep 7/8, hangt alle foto's op waardoor er een grote stamboommuur in de klas ontstaat.

Gedurende de week word ik in de gang constant aangesproken door de kinderen over het project: "Yvonne, kijk eens naar deze foto van mijn moeder, gek haar had ze hè!", "Van wie is dit de vader, denk je?". De kinderen hebben zichtbaar plezier in het delen van deze familiefoto's. Ik merk dat het veel losmaakt in de groep.

Op vrijdagmiddag hebben alle kinderen hun huiswerkopdracht van vorige week bij de hand. Ik kom erachter dat de kinderen veel in gesprek zijn gegaan thuis. Alle eigenschappen werden thuis bij elkaar gecheckt en oma's werden opgebeld met de vraag welke duim boven is als opa de handen in elkaar heeft. En dan de conclusies van hun eigenschappenonderzoek. Anne vertelt dat er altijd tegen haar wordt gezegd dat ze zoveel op haar vader lijkt. Maar door de opdracht is ze erachter gekomen dat ze juist meer eigenschappen met haar moeder deelt. Charlotte was verrast door de ontdekking dat haar broertje precies dezelfde eigenschappen heeft als zichzelf.

PowerPointpresentatie over DNA

Via een PowerPointpresentatie worden de begrippen DNA, chromosomen en celkern verkend (zie beschrijving van deze PowerPoint in paragraaf 2.2.1 op pagina 52). Ik laat een plaatje van de celkern zien en vraag wat hier in zou zitten. "Die dingen die op een X lijken, chromosomen!". Iemand voegt daar aan toe: "Cellen kunnen ook uit elkaar gaan. Ze worden eerst groter en dan daarna gaan ze uit elkaar. Slechte cellen veroorzaken ziekten en goede cellen vechten tegen de slechte cellen". "DNA bestaat uit allemaal van die streepjes". De kinderen delen hun concepten over de verschillende begrippen. Ik sta versteld van de kennis van sommige kinderen over dit ingewikkelde thema. Met een bolletje wol symboliseer ik de structuur van een DNA streng. Waarom zou het DNA op deze manier zijn opgebouwd? De kinderen zien dat het belangrijk is dat alle erfelijke informatie gestructureerd moet worden opgeslagen zodat de informatie makkelijk 'gelezen' kan worden.



Benieuwd naar de reacties van de kinderen op de presentatie? Bekijk dan filmpje 208. Reacties op de DNA-presentatie.

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Werken in het atelier

Inmiddels is het wetenschap- en techniekatelier op de gang veranderd in een DNA-atelier. Hier liggen allerlei opdrachten en materialen zodat de kinderen de komende week het begrip DNA zelfstandig kunnen verkennen in verschillende 'talen'. De kinderen kunnen onder andere van legoblokken DNA-strengen bouwen, DNA-puzzels oplossen, internetsites bezoeken, proefjes rondom vingerafdrukken doen, kralenplanken kopiëren (om het kopiëren van de cellen na te bootsen) enzovoort. (Deze en andere verkenningsactiviteiten worden door de leraren van de Lanteerne uitvoerig beschreven in paragraaf 2.2.3). Natuurlijk liggen er ook informatieve boeken voor de kinderen die de informatie op deze manier het beste in zich opnemen. De meest favoriete en ludieke opdracht was toch wel de creatieve opdracht die in het atelier lag: "Hoe zou het kind van meester Mike en zijn vriendin Deborah eruit komen te zien?" Een goed voorbeeld van een activiteit die zowel zinvol als betekenisvol is voor deze bovenbouwgroep.



Projecthoek in de klas.

Opdracht. Je eigen DNA maken

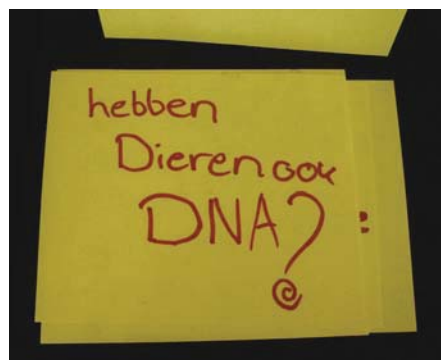
Ook hebben de kinderen hun eigen DNA-strook gemaakt met gekleurde stickers. Voor meer uitleg over de opdracht 'Je eigen DNA maken' zie paragraaf 2.2.1 stap 2 Verkennen (pagina 57).



Voor een kijkje in de klas terwijl de kinderen hun eigen DNA aan het maken zijn, bekijk filmpje 209. Het plakken van je eigen DNA-strook.

DNA-vragenstreng

Als ik naar de DNA-vragenstreng verwijs, kunnen we tot grote vreugde van de kinderen wat antwoorden geven op een aantal vragen die we in de vorige les stelden! Door de PowerPointpresentatie en de atelieropdrachten kunnen de kinderen nu goed vertellen en verbeelden hoe DNA er van dichtbij uitziet. Ook zijn ze erachter gekomen dat DNA zich continu kopieert, waardoor elke cel identiek is! Het verandert dus niet! Behalve als er foutjes ontstaan in het kopiëren.



Wat we nog willen weten...

DNA



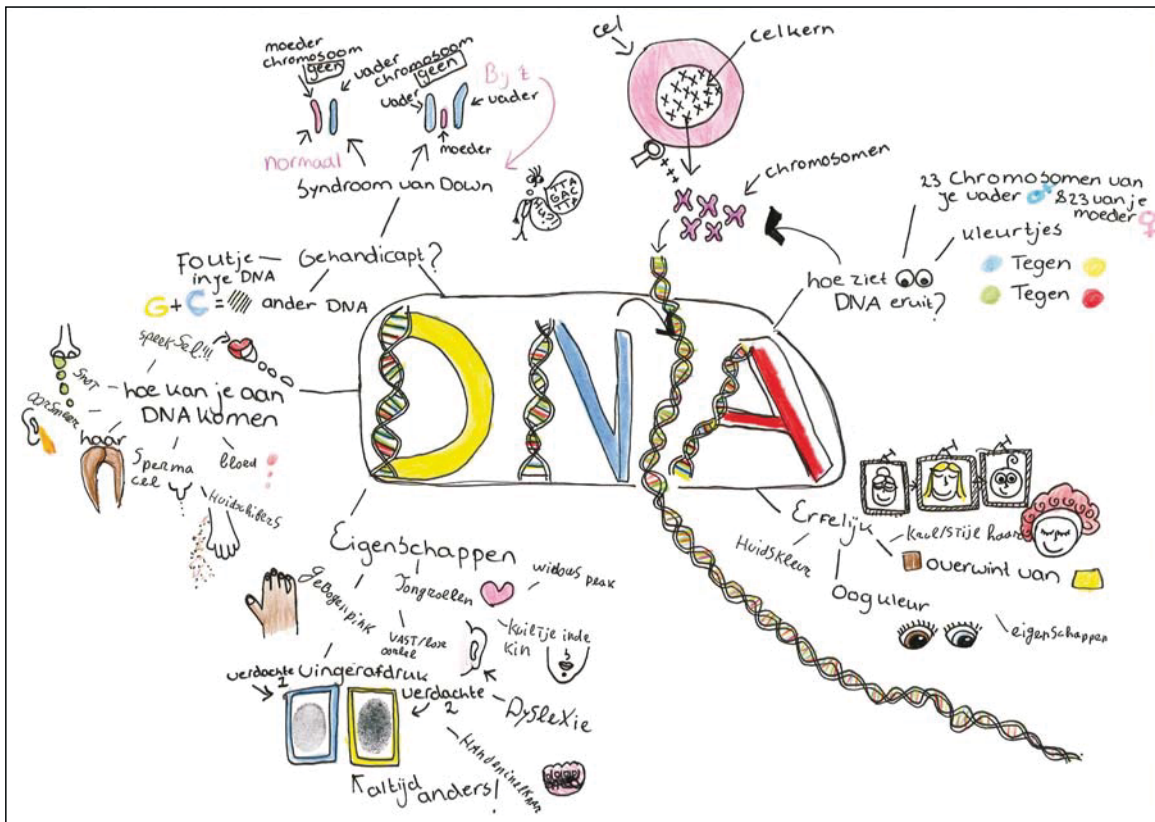
Voor een kijkje in de klas, bekijk het filmpje 210. DNA-vragenstreng bij stap 2.

Mindmap maken

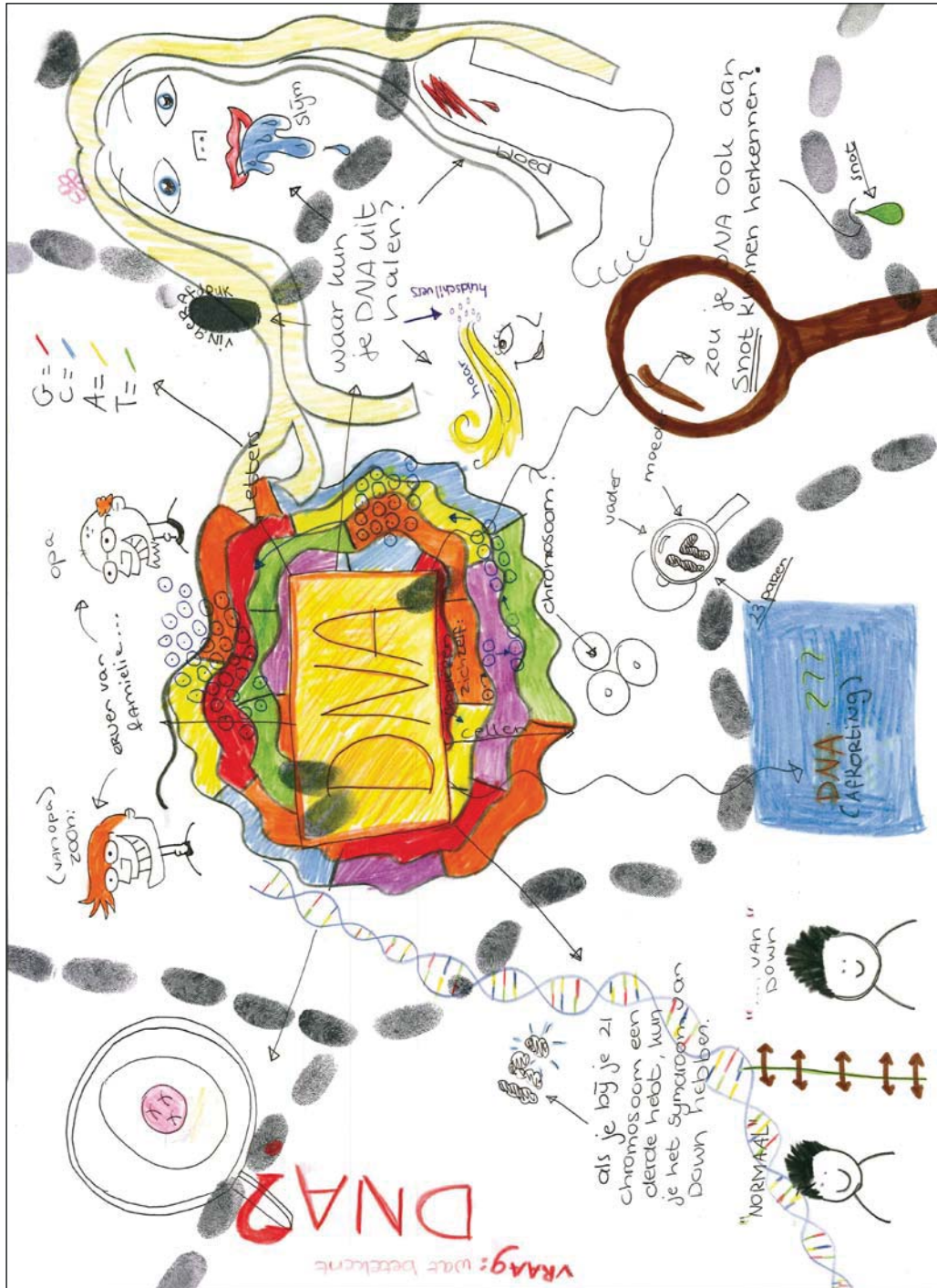
De kinderen hebben veel informatie tot zich genomen. Tijd om deze informatie te structureren en beeldend om te zetten in een mindmap. De kinderen vormen tweetallen. Ieder tweetal doet samen onderzoek en maakt mindmaps. De kinderen weten dat ze de mindmaps maken om hier uiteindelijk een onderzoeksvraag uit te distilleren.



Voor een kijkje in de klas, bekijk het filmpje 211. Mindmap maken: Wat weten we al over DNA?



Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!



DNA



Stap 3. Hoe kun je zelf een experiment over 'DNA' opzetten?



Bekijk voor een korte uitleg van de activiteiten en de ervaringen van de lerares filmpje 212. Stap 3: Onderzoek opzetten.

Onderzoeksmap

Tijd om zelf aan de slag te gaan! We merken dat de kinderen hier na twee vrij inhoudelijke lessen echt aan toe zijn. De kinderen krijgen allemaal een onderzoekslogboek waarin ze stapsgewijs hun eigen onderzoek kunnen gaan opzetten en uitvoeren. Elke stap staat uitvoerig beschreven. Een onderzoek start natuurlijk vanuit een onderzoeksvraag, maar waar moet een goede onderzoeksvraag allemaal aan voldoen?

Onderzoekbare vragen bedenken

Uit ervaring weten wij op 't Holthuis dat kinderen het erg lastig vinden om goede 'onderzoekbare' vragen te bedenken. De kinderen hebben hiervoor verschillende vaardigheden nodig die vanaf de kleuterbouw in een leerlijn ontwikkeld moeten worden. Maar op welke manier geef je deze vaardigheden een plek in je onderwijs? Welke vaardigheden laat je de kinderen eigen maken? Een zoekproces waar we op school nog midden inzitten! In het projectteam hebben we besloten om duidelijke 'eisen' te stellen aan de onderzoeksvragen:

- Het antwoord op de vraag mag nog niet bekend bij hen zijn;
- Het antwoord moet te vinden zijn;
- Een vraag moet niet te 'smal' en 'gesloten' zijn;
- De vraag moet door metingen, experimenten of technische of creatieve uitwerking te beantwoorden zijn;
- Het onderzoek moet uitvoerbaar zijn, in de beschikbare tijd en met de beschikbare materialen.

In de onderzoeksmap staat per stap vermeld wat de beschikbare tijd is. De kinderen krijgen een tijdsbestek van twee weken om een plan te maken en uit te voeren. Tevens vindt er een 'testronde' plaats waarin de kinderen hun onderzoek kunnen presenteren aan een andere groep en eventueel hun onderzoek kunnen aanpassen of verbeteren.



Samen aan de slag in de onderzoeksmap.

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Waar let je op als je een onderzoek gaat opzetten?

De kinderen zitten met hun prachtige mindmaps over DNA voor hun neus. Alle informatie die ze de afgelopen weken tot zich hebben genomen staat erin geïllustreerd met prachtige tekeningen, een vrolijk geheel.

De kinderen kunnen uit drie verschillende thema's kiezen voor hun onderzoek:

- Foutjes tijdens het kopiëren;
- Onderzoek naar verschillen in eigenschappen (binnen je familie, school, je klas etc.);
- Ontwerp een knutselwerkstuk waarin veel informatie in opgeslagen kan worden. Dit moet de eigenschappen hebben van een DNA-streng: flexibel en lang.

We hebben het knutselwerkstuk toegevoegd om meerdere redenen. Op deze manier spreek je de kinderen aan die visueel sterker zijn. Via deze manier verbeelden ze de theorie immers in een knutselwerkstuk. Tevens proberen we op 't Holthuis naast onderzoekend leren ook het ontwerpend leren in te zetten binnen ons Wereldoriëntatie onderwijs.

De kinderen hadden snel een keuze voor een bepaald thema gemaakt. De stap om vanuit hier een eigen onderzoeksvraag te bedenken is een stuk lastiger. Ik benadruk daarom de theorie die in hun onderzoeksverslag staat over 'soorten onderzoeksvragen'. Deze soorten onderzoek passen bij uitstek bij dit DNA-project. We kunnen immers niet 'echt' DNA-onderzoek uitvoeren in ons eigen atelier en moeten dus creatief zijn in het bedenken van vragen⁵ (zie hoofdstuk 1 voor meer informatie over onderzoeksvragen).

Door de kinderen te laten kiezen uit één van deze soorten onderzoek kunnen we de vragen meer voor ze 'inkaderen'. Per vraag heb ik een voorbeeld gegeven en besproken met de kinderen.



Voor een kijkje in de klas, bekijk het filmpje 213. Eisen voor een goede onderzoeksvraag.

Tabel 1. Soorten onderzoeken

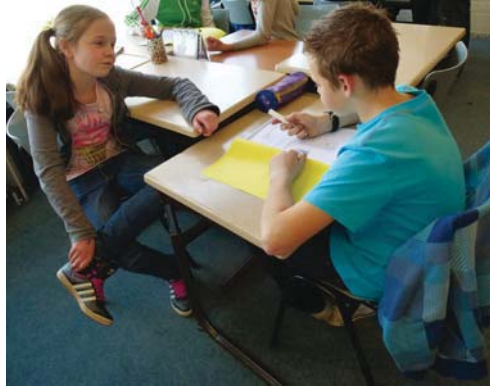
Soort onderzoek	Voorbeeld onderzoeksvraag
Vergelijkingsonderzoeken Verschillen en overeenkomsten Welke verschillen.....? Welke overeenkomsten.....?	Welke eigenschappen heb ik die niemand in de familie heeft?
Gevolgonderzoek Eerlijk vergelijken Wat gebeurt er als.....?	Wat gebeurt er met een taart als er een fout in het recept staat? Is iedere fout even erg of kan de taart er ook lekkerder door smaken?
Oorzakenonderzoek Doelgericht zoeken Hoe kun je.....?	Hoe kun je een DNA-code goed doorgeven zonder kopieerfoutjes te maken? (Fluisterspelletjes, stroken plakken).
Knutselonderzoek	We gaan op zoek naar een stevige 'drager' waar je veel informatie in op kan slaan.
Meetonderzoek	Hoeveel....? Hoeveel kinderen met dyslexie hebben wij op school?

DNA

Onderzoeksvraag zo scherp mogelijk formuleren

De theorie over de soorten onderzoeksvragen geeft de kinderen meer handvatten en de eerste vragen worden al snel bedacht. Veel groepjes komen met zeer zinvolle vragen. Ik benadruk dat ze zich ook moeten afvragen of de vragen betekenisvol voor hen zijn. Ik wil de komende twee weken graag groepjes zien die vol enthousiasme en overgave aan hun onderzoek willen werken! Zien ze er zelf de uitdaging in of hebben ze een vraag die alleen maar 'zinvol' is?

Lieke en Mees komen met een mooi voorbeeld van een zinvolle en betekenisvolle onderzoeksvraag. Ze hebben gehoord dat er op de school naast ons een jongen zit met het syndroom van Down. Ze willen graag een interview houden met de ouders van deze jongen om erachter te komen of deze ziekte ontstaan is door een foutje in het DNA of dat het erfelijk is. Ik zie hun ogen glunderen en ik bemerk hun motivatie om met deze vraag de komende weken aan de slag te gaan!



Discussie over de onderzoeksvraag.

De verschillen tussen 'opzoekvragen' (via bijvoorbeeld Google) en 'onderzoeksvragen' (waar je echt een experiment voor moet uitvoeren) worden nog uitgelegd en stap voor stap komen de kinderen ieder op een mooie onderzoeksvraag. Op een vrijdagochtend nodig ik elk tweetal uit om hun onderzoeksvraag met mij te delen en eventueel nog 'scherper' te formuleren.



Benieuwd naar het overleg tussen Yvonne en de kinderen? Bekijk de volgende filmpjes:
214. Overleg onderzoeksofzet: Is je oogkleur veranderd sinds je een baby was?
215. Overleg onderzoeksofzet: Welke eigenschappen komen het meeste voor op school?

Een greep uit de onderzoeksvragen die zijn ontstaan:

- Hoeveel kinderen in onze klas hebben een erfelijke ziekte in de familie?
- Welke eigenschappen komen het meest voor in onze klas? Hoe ziet dus het 'portret' van de gemiddelde leerling uit onze klas eruit?
- Hoe ziet een cel(kern) er onder een microscoop uit? Hoe ziet mijn speeksel eruit?
- Heeft Bram het syndroom van Down door een 'foutje' in zijn DNA? Interview met Els, zij is 49 jaar en heeft een zoon met het syndroom van Down.
- Hoe maken we een opbergsysteem waar we het DNA van onze klas in kunnen opslaan?
- Hoeveel procent van de kinderen wil door middel van hun DNA te zien krijgen of ze een ziekte krijgen waar ze dood aan kunnen gaan? En hoeveel procent van de begeleiders van school?
- Hoe gaat het kindje van meester Mike en Deborah eruit zien?
- Welke eigenschappen komen het meest voor op school? Is de tongrol bij kleuters al ontwikkeld?
- Onderzoek gebaseerd op het televisie programma: "Wat als?" Wat als... DNA niet zou bestaan? Wat als... iedereen gehandicapt zou zijn? Wat als... er alleen maar meisje waren? Wat als... iedereen foutjes in zijn DNA heeft?

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Onderzoek voorbereiden

Voor de kinderen is het tijd om hun onderzoek voor te bereiden en een duidelijk plan te maken. Daarbij maken ze gebruik van de volgende vragen die ze gaan beantwoorden in hun onderzoeksmap.

- Met wie gaan we het onderzoek doen?
- Wat gaan we precies meten en hoe gaan we het meten?
- Wat moet in het onderzoek hetzelfde blijven en wat verandert?
- Welke hulp of materialen hebben we nodig?
- Hoeveel tijd hebben we nodig?
- Waar en wanneer gaan we het onderzoek doen?
- Wie doet wat tijdens het onderzoek?
- Hoe noteren we de onderzoeksresultaten?
- Hoe vaak moeten we het onderzoek herhalen om conclusies te mogen trekken?
- Beschrijf nu stapsgewijs hoe het onderzoek wordt gedaan. (Probeer het zo kort mogelijk op te schrijven.)
- Wat zal het onderzoek opleveren? (Schrijf op wat jullie denken dat er gaat gebeuren of wat het antwoord zal zijn op de onderzoeksvraag.)



Stappen 4 en 5. Onderzoek uitvoeren en concluderen



Bekijk voor een korte uitleg van de activiteiten en de ervaringen van de lerares de volgende filmpjes:

216. Stap 4: Onderzoek uitvoeren.

217. Stap 5: Concluderen.

De leerkracht doet een stapje terug

En toen was 't Holthuis een groot DNA-onderzoekslab... Iedereen mag het weten, groep 7/8 is onderzoek aan het doen! Kinderen die hele klassen ondervragen op bepaalde eigenschappen, kinderen die taarten aan het bakken zijn, onderzoek doen met microscopen, telefoongesprekken voeren met familieleden, filmopnamen maken, knutselen in het atelier, interviews afnemen bij begeleiders...

Wat een betrokkenheid en inzet! Voor de begeleider die de afgelopen weken zo op het proces heeft gezeten, is het nu tijd om een stapje terug te doen en te vertrouwen op de goede voorbereiding van de kinderen. En wat hadden ze het goed voorbereid! Mike, de begeleider van deze groep 7/8 was met stomheid geslagen. Een jongen die normaal gesproken altijd alles vergeet had netjes boodschappen gedaan voor zijn 'taartenexperiment' en was er helemaal klaar voor om zijn onderzoek uit te voeren, top! Ik vind het bijzonder om te zien dat er een beroep wordt gedaan op zoveel verschillende vaardigheden bij een onderzoek. De meiden die de moeder gaan interviewen, leren om een voor hen 'wildvreemde' vrouw op te bellen en netjes een afspraak te maken voor een interview. Hoe bedanken we deze mevrouw? Op de dag van het interview kwamen ze beiden met een bosje tulpen aan voor de dame die met liefde informatie gaf over de ziekte van haar zoon. Ze stond versteld van de zelfstandigheid en beleefdheid van deze dames. En hoe brengen we alle informatie over de erfelijke eigenschappen van 250 leerlingen in beeld? In een tabel? In procenten? Hoe gaan we om met vraagformulieren die niet door de kinderen worden ingeleverd?

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!



Stap 6. Presenteren



Bekijk voor een korte uitleg van de activiteiten en de ervaringen van de lerares filmpje 225. Stap 6: Onderzoek presenteren.

Veel verschillende presentatievormen

En dan hebben de kinderen resultaten en mogelijke antwoorden op hun onderzoeksvragen... Hoe verwerk je al deze informatie? Hoe ga je dit omzetten in een presentatie?

Op 't Holthuis proberen we de kinderen met zo veel mogelijk verschillende verwerkingsvormen in aanraking te laten komen. De kinderen mogen een eigen 'taal' kiezen om hun onderzoek in te presenteren. In hun onderzoeksverslag vinden de kinderen een lijst met voorbeelden van verschillende manieren ter inspiratie: Moviemaker, een kunstwerk, gedicht, rap, poster, verslag, PowerPoint, tekening, krant etc. Eisen die we aan de presentatie stelden, was dat wij als kijker informatie moesten krijgen over het proces van het onderzoek, de onderzoeksvraag en de resultaten van de onderzoeksvraag. De dag van het presenteren was voor mij 'de parel' van dit project. De kinderen hadden allemaal hun eigen manier gekozen om hun onderzoek te presenteren. De ene groep had een PowerPoint gemaakt, anderen hadden hun interview omgezet in een rap. Geboortekaartjes, strips, grafieken, foto's, taarten... passeerden allemaal de revue. Een groep had de resultaten van de meest voorkomende eigenschappen in de klas omgezet in een krijttekening op het plein. Deze presenteerde ze trots aan de hand van foto's. De betrokkenheid van de groep tijdens de presentaties was groot en de kinderen hadden oprecht interesse in het proces en de resultaten van het onderzoek van hun klasgenoten.



Benieuwd naar een van de presentaties van de kinderen? Bekijk het volgende filmpje: 226. Onderzoek presenteren: Hoe komt de baby van Mike en Deborah eruit te zien?



Stap 7. Verdiepen/ verbreden



Bekijk voor een korte uitleg van de activiteiten en de ervaringen van de lerares filmpje 227. Stap 7: Verdiepen.

Bezoek aan het DNA-lab in Nijmegen

En toen mochten we naar de afdeling Genetica in Nijmegen. Normaal gesproken is het best lastig om ouders te vinden die mee willen rijden naar een excursie, maar voor het bezoek aan het DNA-lab in Nijmegen was het geen enkel probleem. Integendeel, ouders wilden heel graag mee! Met de vragen van de kinderen onder mijn arm werden we door een onderzoeker verwelkomd in het Radboud ziekenhuis. Het was indrukwekkend voor sommige kinderen om überhaupt in zo'n groot ziekenhuis rond te lopen. We verzamelden ons in een ruimte en werden welkom geheten door de onderzoekers. Joris Veltman liet zijn prachtige Radboud Science Awards beeldje zien en gaf een korte presentatie over zijn onderzoek. Daarna werden we in drie groepen verdeeld en hadden de onderzoekers drie activiteiten voor ons in petto.

DNA

Als eerste kregen we een rondleiding over de afdeling. Dit betekende een route langs gigantische machines, computers, robots, koelcellen en onderzoekers die hard aan het werk waren.



Ook benieuwd hoe een DNA-lab eruit ziet? Bekijk dan het filmpje 228. DNA-lab: Rondleiding op het lab.

Tijdens de rondleiding kregen de kinderen ook uitleg van Joep de Ligt over hoe hij de foutjes in het DNA met behulp van de computer opzoekt.



Bekijk zijn uitleg in filmpje 229. DNA-lab: Foutjes ontdekken in het DNA.

Daarna mochten de kinderen hun eigen DNA isoleren op het lab Tumorgenetica. Maar daarvoor moesten ze natuurlijk wel allemaal een witte laboranten jas aan. De kinderen kregen een drankje en moesten hun mond spoelen en uitspugen in een beker. Dat smaakte niet lekker dus gelukkig kregen de kinderen een spekje om de smaak te verdrijven. Met een pipet werd een vloeistof aan hun speeksel toegevoegd en er ontstond een 'wormvormig' draadje in de vloeistof. Ze hadden hun eigen DNA geïsoleerd uit hun speeksel! Dit DNA stopten ze met een pipet in een klein bakje zodat ze het mee naar huis konden nemen. Wat gaaf vonden ze deze activiteit en wat een betrokkenheid!



De grote robot in het DNA lab die het DNA isoleert uit bloed.



Kijk, ik kan mijn eigen DNA zien!



Voor een kijkje in het lab, bekijk het filmpje 230. DNA-lab: Je eigen DNA isoleren uit speeksel.

Vervolgens kregen we filmpjes en uitleg over het onderzoek van Erwin van Wyk. Deze liet ons onder andere zien hoe zebrevissen worden gebruikt bij wetenschappelijk onderzoek.

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!



Bekijk een stukje van de presentatie en de reacties van de kinderen in het filmpje 231. DNA-lab: Presentatie DNA-onderzoek bij vissen.

Aan het einde van het bezoek mochten de kinderen nog vragen stellen aan de winnaars van de Radboud Science Award 2011: Han Brunner en Joris Veltman. Ook gaven Han en Joris uitleg over hun onderzoek.



In de volgende filmpjes zijn enkele fragmenten van dit gesprek uitgelicht:

232. Welke kleur haar heeft mijn vader?

233. Uitleg van Han Brunner: Hoe vind je foutjes in DNA?

234. Waarom doen jullie dit onderzoek? En raden jullie dit ons aan?

Evaluaties, reflecties en lessuggesties van basisschool 't Holthuis

Evaluaties van de kinderen

Na het project hebben de kinderen een vragenlijst over het DNA-project ingevuld. Hier enkele evaluaties uit deze vragenlijst:

"Ik dacht dat ik heel weinig op mijn familie leek maar dat was niet zo!"

"Het bellen van mijn familie ging goed, want iedereen had tijd voor ons onderzoek."

"Ik vond het leuk om over mijn opa en oma te vertellen!"

"Tijdens de samenwerking hadden we de taken goed verdeeld."

"Ik vind het fijn om samen in een groepje een onderzoeksvraag te bedenken want met meerdere mensen kom je op meer ideeën."

"Ik zou de volgende keer het plan iets uitgebreider uitwerken."

"Ik vond het leuk om een onderzoeksvraag te bedenken en te onderzoeken omdat het heel vrij was."

"Ik heb geleerd dat je op heel veel manieren onderzoek kan doen."

"Het was lastig dat de brief niet terug kwam die kinderen van ons moesten invullen."

"Ik heb geleerd over samenwerken dat het ook leuk is zonder je vrienden en vriendinnen."

"Ik heb geleerd dat onderzoek doen lang duurt."

"Ik heb geleerd dat er ook DNA zit in o.a. haar en huidschilfers!"

"Ik heb geleerd hoe chromosomen eruit zien!"

"Het was lastig om de filmpjes op cd te zetten."

"Ik dacht dat er tien erfelijke ziektes in de families in de klas zaten, maar het waren er veel meer."

"De volgende keer ga ik beter plannen zodat ik het op tijd af heb."

Evaluatie en reflecties van de leraar en pabo-student

De kracht van dit project

De kracht van dit project was dat de kinderen heel gericht keken naar de 'erfelijke' band tussen henzelf en hun familie. Ik merkte dat de kinderen trots waren op hun familie en er kwamen veel verhalen los over eigenschappen, waarbij niet alleen 'uiterlijke' eigenschappen aan bod kwamen. Zo werden ook mooie karaktereigenschappen genoemd, of beroepen, levensverhalen, talenten etc. De kinderen werden zich bewust dat ze zo zijn geworden door alle genetische informatie van zowel vader als moeder, opa en oma, overgrootopa en oma en ga zo door! Ze zijn zoals ze zijn door generaties voor hen!

Aanbevelingen voor leraren

Leraren die dit project willen draaien moeten zich niet verkijken op de theoretische kennis over DNA. Het is belangrijk om je van tevoren goed in te lezen en boven de stof te staan. Het onderwerp DNA is een ingewikkeld thema, vooral als kinderen met allerlei vragen en ervaringen komen in de kring. Wat leraren niet moeten doen is eindeloos in de theorie blijven hangen. Probeer leuke verwerkingsvormen te verzinnen om de kennis te delen met de kinderen. Kinderen willen aan de gang en niet alleen hoeven luisteren!

Talenten van kinderen

De kinderen moesten een bepaalde verantwoordelijkheid dragen voor hun onderzoek. Spullen en materialen moesten in orde zijn, want anders konden ze niet verder. Ze moesten vooruit kijken en plannen. Tevens merkte je in de groepen dat kinderen met een sterk talent in organiseren het voortouw namen. Zij regelden dat telefoonnummer, mailden die instantie, maakten een afspraak met die klas, enzovoort.



DNA-project deed veel stof opwaaien

Het heeft me verbaasd hoe de kinderen allemaal hun eigen invulling hebben gegeven aan het onderzoek. Ze kozen allemaal een betekenisvolle vraag en presentatievorm die bij hen paste. Zo was er een jongen die heel graag een keer met microscopen aan de slag wilde. Deze jongen koos als onderzoeksvraag: 'Hoe ziet speeksel er van heel dicht bij uit? Kun je de celkern zien met een microscoop?'. Het heeft me verbaasd hoeveel stof het DNA-project deed opwaaien: al die foto's van de kinderen en hun familie, alle trotse verhalen!

Tevens heeft het eerste kringgesprek mij enorm verrast. Het thema 'erfelijke eigenschappen' maakte zoveel los bij de kinderen dat ze allemaal wel een ervaring of een vraag hierover hadden. Ze wilden dit allemaal delen voordat er weer ruimte was voor een nieuwe stap in het proces.

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Leeropbrengst met betrekking tot onderzoek en wetenschap

De kinderen hebben geleerd hoe je een onderzoeksvraag moet opstellen, hoe je een degelijk plan maakt ter voorbereiding op je onderzoek en dat een onderzoek veel tijd kost! In het DNA-lab zagen ze dat er enorm veel mensen werken in zo'n lab. Er zijn ontzettend veel mensen nodig om onderzoek te doen. De één verwerkt alles in de computer, de ander houdt de robots in de gaten, weer een ander onderzoekt alles onder de microscoop of bestudeert beestjes. Dit alles heeft denk ik veel indruk op ze gemaakt!

Leeropbrengsten over concepten rondom DNA

Voor en na de uitvoering van het project hebben wij de leerlingen een aantal foto's voorgelegd die betrekking hebben op DNA, zoals een 'DNA-helix', het syndroom van Down, vingerafdrukken en het syndroom van Turner. Hierbij vroegen wij de leerlingen wat deze foto's met DNA te maken hebben. Aan het einde van het project zag je dat de leerlingen de foto's konden koppelen aan bepaalde begrippen die ze tijdens de verschillende activiteiten geleerd hebben, zoals het begrip 'chromosomen'. Ook zag je dat de leerlingen na het project meer hun eigen ervaringen in de uitleg betrokken. Hierdoor konden wij opmerken dat de leerlingen de begrippen goed hebben opgepakt. We vonden het erg waardevol om met concepten binnen een thema te werken, omdat we op deze wijze de leeropbrengsten in kaart konden brengen en een goed beeld kregen van de voorkennis van de kinderen bij aanvang van het project. Tevens konden we zo na de lessen achterhalen wat de kinderen geleerd hebben over de bevroegde concepten.

"Syndroom van down. Zie je aan de dikte van de ogen en de oogleden, heeft te maken met DNA, foutje in de DNA." (Reactie van een kind bij het zien van een kindje met het syndroom van Down).

2.2.3 Project ‘Uniek door nieuwe foutjes in je DNA’ op de Lanteerne

Jan Konings (leraar basisschool de Lanteerne)

Kristel Arntz (lerares basisschool de Lanteerne)

Ilse van den Brand (pabo-studente aan de HAN)

Wetenschap en Techniek op basisschool de Lanteerne

Basisschool de Lanteerne is een Jenaplanschool. Eén van de basisprincipes van het Jenaplan-onderwijs is dat wereldoriëntatie een centrale plaats inneemt binnen de school met als basis ervaren, ontdekken en onderzoeken. Onderzoekend leren start met de nieuwsgierigheid van de kinderen. Het prikkelen, aansluiten bij, en bevorderen van die nieuwsgierigheid is daarom een belangrijk doel van ons onderwijs. Maar het is ook een voorwaarde voor het bereiken van andere doelen:

- Het vergroten van domeinkennis en het opbouwen van een wendbaar begrippenkader;
- Het verwerven van inzicht hoe kennis tot stand komt;
- Het ontwikkelen van onderzoeksvaardigheden;
- Het bevorderen van een onderzoekende houding.

We hopen dat de kinderen daarmee beter in staat zijn om vanuit de kracht van hun verwondering hun nieuwsgierigheid in te zetten om tot onderzoek te komen. Dat betekent ook dat leraren steeds beter uitgerust moeten zijn om hen hierin te begeleiden en stimuleren. Het ontwikkelen van kennis en competenties van leraren op het gebied van wetenschap en techniek is daarmee ook een belangrijk doel.

Samenwerking met het Wetenschapsknooppunt en het leerplein

Samenwerking met het wetenschapsknooppunt past bij deze doelstellingen. Een van de speerpunten van het Wetenschapsknooppunt is immers het bevorderen van de onderzoekende houding van kinderen en leraren, en hen vertrouwd te maken met de didactiek van het onderzoekend leren. In de ontmoeting met wetenschappers, jonge onderzoekers, pabo-studenten en leraren ervaren kinderen wat de wereld van wetenschap en techniek hen te bieden heeft.

Dit schooljaar zijn we gestart met het Leerplein. Daarmee beogen we een omgeving te creëren waarin kinderen vanuit verwondering kunnen leren, en waarin een appèl wordt gedaan op hun natuurlijke vermogen om kennis op te doen. Op het leerplein ontwikkelen de kinderen kennis, kunde en vaardigheden die ze nodig hebben om zich te oriënteren op de wereld. Hun eigen leer- en onderzoeksvragen vormen daarbij het vertrekpunt. Het traject dat we met het WKRU in zijn gegaan sluit aan bij de doelstellingen die we beogen met het leerplein, namelijk kinderen leren vragen te stellen en hun handvatten te geven om met die vragen op onderzoek uit te gaan.

Kerdoelen

Dezelfde kerndoelen als die van basisschool 't Holthuis komen in dit project aan bod, zie hiervoor pagina 62.

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Overige doelen

Kennis- en vaardigheidsdoelen

- Kennis over DNA en erfelijkheid vergroten.
- Vaardigheidsdoelen (o.a. onderzoeksvaardigheden en andere wetenschappelijke procesvaardigheden).
- Observeren en experimenteren/ onderzoeken.
- Opzoekvaardigheden en internetvaardigheden.
- Presenteren en communiceren.
- Willen begrijpen (nadenken en redeneren over, formuleren van eigen verklaringen).
- Innovatief willen zijn (zoeken naar creatieve oplossingen en verklaringen).
- Iets willen bereiken (volhardend en doelgericht werken, denken in volgorde en oorzaak-gevolgrelaties, werken met zorg en respect voor materialen).
- Kritisch willen zijn (eerlijk meten, herhalen van metingen).
- Samenwerkingsvaardigheden.
- Willen delen (informatie uitwisselen, openstaan voor meningen van anderen).
- Houdingsdoelen.
- Ontwikkelen van een positieve houding ten opzichte van wetenschap.

Tijdsinvestering

Het project is uitgevoerd in twee bovenbouwklassen. Naast de leraren was hier een pabo-studente actief bij betrokken. Op de Lanteerne hebben we de verschillende stappen van het onderzoekend leren verdeeld over een aantal weken. Er zijn 7 stappen te onderscheiden en in totaal zijn we 6 weken met dit project aan de slag gegaan. Iedere week is de maandagmiddag aan het project besteed. Daarnaast hebben de kinderen gedurende de week in hun zelfstandig 'blokkuur' aan het project gewerkt. Dit was in de eerste 2 weken nog nauwelijks het geval, want toen hadden ze nog onvoldoende opdrachten die ze zelfstandig konden verwerken. De weken daarna moesten ze wel van deze tijd gebruik maken.



Stap 1. Introductie 'DNA'

De activiteiten in deze stap zijn grotendeels afkomstig uit de workshop die we hebben verzorgd voor de Winterschool (zie hoofdstuk 5 voor uitleg activiteit Winterschool). In spelvorm ontdekken de kinderen dat iedereen uniek is (zie ook paragraaf 2.2.1). Daarna komt een stukje theorie over DNA en erfelijkheid aan bod, en ten slotte bouwen en kopiëren leerlingen zelf hun eigen DNA.

De kinderen waren enthousiast en vertelden achteraf dat het "nog niet zo moeilijk was als ze hadden gedacht". Er kwam al een aantal interessante vragen naar boven (niet zozeer om te onderzoeken, maar wel leuk...), zoals: "Als je vlees eet, eet je dan het DNA van een dier op?" of "Wat gebeurt er met je DNA als je dood gaat?"



De DNA-strookjes.



Stap 2. Verkennen

DNA-circuit

Om het onderwerp te verkennen hebben we een aantal activiteiten ontworpen die de kinderen in circuitvorm uitvoeren. Op die manier verkennen ze vanuit zes verschillende invalshoeken het thema 'Erfelijkheid en DNA'. De kinderen gaan dan middels verschillende werkvormen 'gestuurd aanrømmelen'.

Er zijn zes verschillende opdrachten:

- Wist je dat?
- Van je ouders moet je het hebben
- Wie ben ik?
- Kijk en luister
- DNA bouwen
- Kopiëren

Wist je dat?

Op de tafels liggen diverse boeken over DNA, erfelijkheid, klonen, familie, ziekten enzovoort. Er is ook een lijst met vragen over allerlei feiten en weetjes over deze onderwerpen. Door eerst het juiste boek te zoeken en vervolgens handig gebruik te maken van het trefwoordenregister, vinden de kinderen de antwoorden op de diverse vragen. Deze noteren ze onder elkaar in een schema. Als ze dat goed doen, is van boven naar beneden te lezen: 'De appel valt niet ver van de boom'. Het doel van deze activiteit is kinderen vaardiger te maken in het opzoeken van informatie en het kennisnemen van allerlei weetjes over DNA en erfelijkheid.



Hé, dat schaap heet Dolly!

'Van je ouders moet je het hebben'



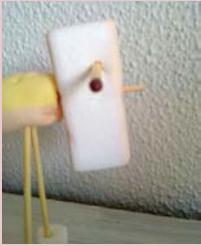







De kinderen kregen de opdracht om een 'babysnoepjesdier' te maken aan de hand van het bouwplan van het moeder- en het vadersnoepjesdier. Hiervoor pakten ze een strookje 'vader' met de eigenschappen van de vader en een strookje 'moeder' met haar eigenschappen. Het bouwplan was een door ons zelf verzonden serie eigenschappen:

- De staart kon lang of kort zijn.
- De ogen konden aan de zij- of voorkant zitten.
- Het hoofd kon hoekig of gedraaid zijn.
- Het lijf lang of kort.
- De poten konden verschillende kleuren hebben.

"Ik heb geleerd dat vader en moeder ander DNA hebben." (Leerling)

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Tabel 2. Onderdelen en de mogelijke eigenschappen van het snoepjesdier

Onderdeel	Eigenschap	
Lijf	Lang	
	Kort	
Hoofd	Hoekig	
	Gedraaid	
Poten	Groen	
	Andere kleuren	
Ogen	Voor	
	Zijkant	
Staart	Lang en dun	
	Kort en breed	

DNA

De kinderen moesten hun babysnoepjesdieren baseren op de eigenschappen van beide ouders. Hebben vader en moeder allebei een lange staart (een lange zure mat), dan krijgt het kind dit natuurlijk ook. Maar wat als vader een lange romp heeft (3 spekjes op een satéprikker) en moeder een kort lijf heeft (slechts 2 spekjes)? Dat kan niet allebei en dus moest er gekozen worden.

Door deze opdracht worden kinderen bewust van het feit dat eigenschappen afkomstig zijn van beide ouders. Daarnaast komen ze in aanraking met het feit dat een bepaalde eigenschap soms 'wint' (dominant is). Natuurlijk baseerden de kinderen hun keus geregeld op 'zo veel mogelijk snoep'. Dus als je mocht kiezen tussen een lange of een korte staart, was het voor de meeste kinderen niet zo moeilijk en leek de lange staart dominant!



Hoe vind je mijn beestje?

Hieronder een voorbeeld:

Tabel 3. Eigenschappen van vader, moeder en het babysnoepjesdier

	Staart	Ogen	Hoofd	Lijf	Poten
Vader	Kort	Voor	Gedraaid	Kort	Gekleurd
Moeder	Kort	Zij	Gedraaid	Lang	Groen
Kind/ snoepjesdier	Kort	Voor	Gedraaid	Lang	Gekleurd

“Ik heb een snoepjesdier gemaakt, hij heeft iets van zijn moeder en iets van zijn vader.” (Leerling)

Wie ben ik?

Aan de hand van een 'doe-boekje' verkennen de kinderen spelenderwijs hun eigen erfelijke eigenschappen en maken ze met knip- en plakwerk een DNA-puzzel⁶.

Door deze opdracht worden de kinderen zich bewust van erfelijke eigenschappen van zichzelf en hun familie.



Aan de slag met het doe-boekje.

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

'Kijk en luister'

Ook op het internet staat veel informatie over DNA en erfelijkheid. Naar aanleiding van een door ons gemaakt opdrachtenblad kwamen de kinderen in aanraking met verschillende informatieve sites. Zo zagen de leerlingen een filmpje van Klokhuis waarin zichtbaar werd dat DNA een zeer belangrijke rol kan spelen bij de opsporing van misdadigers. Ook konden de kinderen kennis maken met Bogi, die het een en ander 'vertelt' over erfelijkheid. Door deze opdrachten en de bijbehorende vragen, doen kinderen kennis op over diverse aspecten van erfelijkheid en DNA op verschillende manieren.

DNA opdrachtenblad

- Bekijk het filmpje van schooltv¹
Kun jij antwoord geven op de volgende vragen:
 1. *Waarom is DNA net als een vingerafdruk?*
 2. *Noem enkele eigenschappen die in je DNA opgeslagen zijn.*DNA is dus ook heel belangrijk bij het oplossen van een misdaad.
- Bekijk het fragment van Klokhuis², let op! Tot 04.30 minuten.
 1. *Waarom kan een stukje kauwgom helpen bij het opsporen van de dader?*
 2. *Waar zoekt de technische recherche naar?*
- Kijk verder naar de aflevering van Klokhuis², vanaf 07.45 minuten tot 08.40 minuten.
 1. *Kun jij nu uitleggen hoe de technische recherche een dader opspoort?*
- Tijd over?! Maak kennis met Bogi⁸
Bogi is een website met informatie over erfelijkheid. Deze informatie kunnen kinderen verkrijgen door het doen van een spelletje, het luisteren naar een rap en het lezen van de teksten.

DNA

*"Ik heb geleerd dat het best moeilijk was en dat geen één DNA hetzelfde is."
(Leerling)*

DNA bouwen

Met de magnetische staafjes en knikers van Magnetix proberen de kinderen een dubbele DNA-helix te bouwen. Er ligt een voorbeeld op papier en ze zoeken zelf uit hoe ze dat met het gegeven materiaal kunnen namaken. Ze gebruiken hun kennis uit de eerste les om de juiste kleurencombinaties aan elkaar te koppelen. Een aantal kinderen slaagt er daadwerkelijk in de helix een mooie gedraaide structuur te geven. Door deze opdracht verwerven de kinderen inzicht in de samenstelling en fysieke kenmerken van DNA.



"En nu draaien."

DNA

“Dat nabouwen van DNA was best moeilijk, bij mij viel ie steeds om.” (Leerling)

Kopiëren maar

Bij deze activiteit wordt de link gelegd met het kopiëren van het DNA zoals dat bij alle levende organismen voortdurend gebeurt. De bedoeling is dat de kinderen op kralenplanken zo snel mogelijk de gegeven voorbeelden namaken. Ze ervaren daarbij hoe (tijds)druk het kopieerproces kan beïnvloeden, zeker naarmate de voorbeelden complexer worden.

Leerling: “Wauw! Waarom doen we dit niet vaker?”

Leraar: “Misschien omdat het eigenlijk een kleuterwerkje is?”

Leerling: “Nou èn? Daarom is het juist leuk!”



Een lieveheersbeestje kopiëren op de kralenplank.

Leerling 1: “Ik heb helemaal geen fouten gemaakt.”

Leerling 2: “Maar je hebt hem niet af.”

Leerling 1: “Ja, maar ik heb geen fouten.”



Stap 3. Onderzoek opzetten

Wat willen we nog weten?

Een cruciale fase in de activiteitencyclus is het uitgebreid stilstaan bij het bedenken en formuleren van de onderzoeksvraag. We blikken terug op de eerste twee weken en inventariseren wat die hebben opgeleverd aan kennis en vragen over DNA en erfelijkheid. Iedereen schrijft dat op kaartjes die we op twee posters plakken; één voor wat we al weten, één voor wat we nog willen weten. Het genereren van weetjes en vragen over wat ze al wel en niet weten van DNA en erfelijkheid werd door de kinderen de volgende dag enthousiast aangepakt en leverde in een mum van tijd twee volle posters op.

“Kun je DNA veranderen?” (Leerling)

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Kenmerken van een goede onderzoeksvraag

De tweede poster vormt het uitgangspunt voor een kringgesprek over goede onderzoeksvragen, waarbij de kinderen gebruik maken van hun ervaringen met vragen voor het leerplein. Ze noemden als kenmerken van een goede vraag:

- Je moet het antwoord nog niet weten;
- Je moet iets willen weten of willen leren;
- Het moet helemaal duidelijk zijn wat je precies wilt;
- Je kunt er mee verder, mee aan de slag;
- Het is een open vraag.

Onderzoeksdomeinen

Nadat we in de klas samen hadden vastgesteld waar een goede vraag aan moet voldoen, hebben we de antwoorden op gekleurde vellen boven het bord gehangen. De onderzoeksdomeinen werden verkend om richting te geven aan het bedenken van vragen. Dit betroffen:

- *Erfelijkheid*;
- *Coderen* (waar gebruik je codes, waarom, wanneer, wat is de beste);
- *Kopiëren* (wanneer gaat dat het best, hoe komt het dat er foutjes ontstaan, is dat erg);
- *Ethische kwesties* (wil je alles weten wat er in je DNA staat, mogen wetenschappers en doktoren erfelijke eigenschappen veranderen);
- En het bedenken van een *ideale informatiedrager* en waar die aan moet voldoen. Informatie in DNA bepaalt wie je bent, en is dus heel belangrijk. Hoe zou je alles wat heel belangrijk is voor jou op zo'n manier kunnen bewaren dat je het makkelijk mee kan nemen en dat het beschermd is tegen verlies, diefstal of beschadiging? (Zie ook de knutselopdracht in paragraaf 2.2.2.)

Ik leg de kinderen uit dat er verschillende soorten vragen zijn (zie voor achtergrondkennis hoofdstuk 1 het stukje over 'soorten vragen') en met die kennis bekijken we de poster. We kijken welke vragen onderzoeksvragen zijn en hoe ze verschillen van andere soorten vragen.

Soorten onderzoeksvragen

Om de kinderen te laten zien dat er verschillende soorten onderzoeksvragen zijn, (zie pagina 22 'soorten onderzoeksvragen') behandelen we deze één voor één met een paar voorbeelden. Ook inventariseren we de mogelijke onderzoeksterreinen die met deze vragen werken.

We laten vervolgens een filmpje over het project 'Angst' zien (zie boek 1, project Angst, filmpje 4). Daarin was te zien hoe kinderen die vorig jaar deelnamen aan dit project, uitleg kregen over het opstellen van een onderzoeksvraag. Het was voor veel kinderen een eye-opener om te zien hoe hun leeftijdsgenoten met dezelfde dingen worstelden. En het was vooral heel inspirerend om te zien tot welke leuke en originele onderzoeken dit uiteindelijk leidde.

Van vraag naar onderzoeksvraag

Per groepje bedenken de kinderen een vraag. Daarbij gaan ze uit van wat ze eerder op de poster 'Wat willen we weten' hebben aangegeven. De uitdaging was die vragen om te buigen tot onderzoekbare vragen. In het kringgesprek daarna wisten de kinderen de verschillende soorten vragen vlot te categoriseren. Dat leverde onderzoekbare onderwerpen op waaruit elk groepje een keuze maakte, met wisselend resultaat.

Zo werd de vraag of dyslexie erfelijk is, onderzoekbaar gemaakt door deze te veranderen in: 'Komt dyslexie vaker voor bij jongens of bij meisjes?' De vraag hoeveel foutjes er mogen zijn

DNA

voordat je iets merkt, mondde uiteindelijk uit in de vraag of je het merkt als je in een recept voor appelflappen een onderdeel verandert. De pabo-student en ik liepen rond om hen daarbij te ondersteunen.

Aan het eind van de les hebben alle zes de groepjes hun vraag in een kringgesprek aan de klas voorgelegd. Eén groepje kon geen keuze maken, maar met gerichte vragen konden we hen verder helpen. Zij wilden graag meer weten over de kans op een bepaalde oogkleur.

In ieder groepje hebben we samen bekeken of ze inderdaad een goede onderzoeksvraag bedacht hadden. Is het uitvoerbaar op school? Is het een vraag waar je mee aan de slag kunt? Over sommige vragen was er nog onduidelijkheid. Hierover hebben we vervolgens feedback gevraagd aan het Wetenschapsknooppunt.

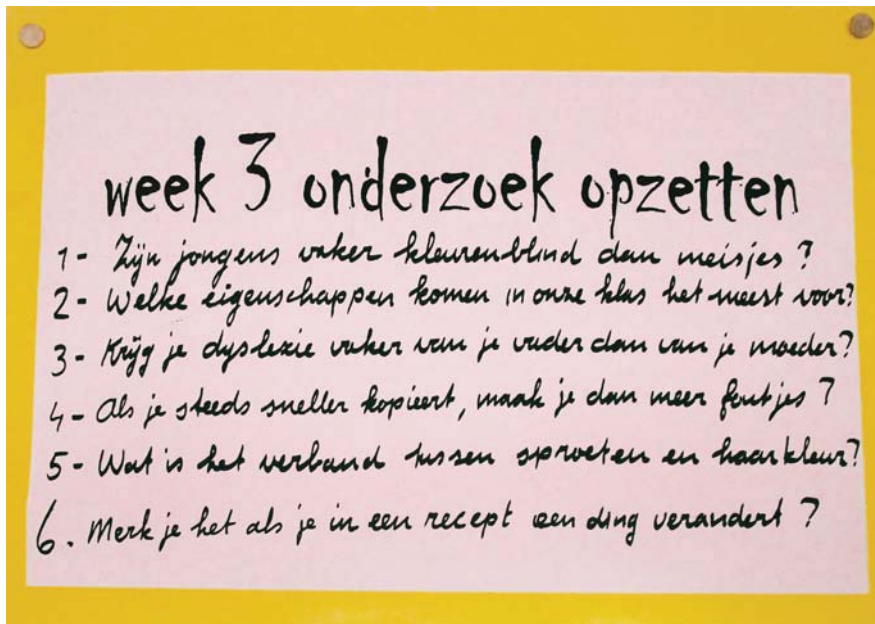


Wanneer de kinderen niet tot een onderzoeksvraag komen stel dan gerichte vragen, zoals:

Welke eigenschappen van jezelf vind je leuk om te onderzoeken?

Welke weetjes van de poster zijn interessant?

Wat heb je gedaan tijdens de aanrommelles waar je mee verder zou willen?



De onderzoeksvragen. En nu aan de slag!

Vragen aanpassen

Een groepje had als vraag bedacht of je DNA kunt veranderen en wilde daartoe spuitjes verwerken in hamburgers. 'Als kinderen die geen spuitjes lusten de hamburgers lekker zouden vinden dan hebben we dus hun DNA veranderd.' Dit was, zoals we al dachten, geen vraag die we op school kunnen onderzoeken. Deze groep boog de plannen om van spuitjes naar appeltaart en wilde onderzoeken of kleine foutjes in het recept gevolgen hadden voor de smaak.

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Rolverdeling

Elk groepje zorgt voor een duidelijke rol- en taakverdeling die we kennen vanuit de coöperatieve werkvormen: voorzitter, notulist, proefjesbaas en controleur. De onderzoeksvraag wordt vervolgens vertaald in een onderzoeksplan. Hiertoe krijgt elk groepje een werkblad dat dient als stappenplan om de verschillende aspecten van het onderzoek te ordenen waarna de logistieke operatie op gang komt. Het onderzoeksblad hebben we eerst klassikaal behandeld. In de volgende lessen worden de benodigde materialen verzameld, ruimtes gereserveerd, vragenlijsten opgesteld... enzovoort.



Stap 4. Onderzoek uitvoeren

Hieronder volgen enkele beschrijvingen van de onderzoeken die door de leerlingen zijn uitgevoerd.

'Zijn jongens vaker kleurenblind dan meisjes?'

Dit groepje neemt met laptops tests af bij een onderzoeksgroep. De kans op kleurenblindheid wordt vervolgens met verschillende taartgrafieken weergegeven.

'Welke eigenschappen komen gemiddeld het meest voor in onze klas en in de klas van de Zebra's?'

Deze groep heeft de resultaten van het 'iedereen is uniek-spel' uit de eerste les omgezet in percentages en deze verwerkt in een grafiek. Vervolgens hebben ze de vragen ook afgenomen in een andere klas en ook hier de resultaten omgerekend naar percentages.

Zo ontstonden er twee overzichten van de gemiddeld meest voorkomende eigenschappen in beide klassen. Met deze gegevens werden twee grote figuren getekend die een gemiddeld kind van 'Het Bergkristal' en een gemiddeld kind van 'De Zebra's' voorstelden. Grappig was dat deze figuren elk vier armen hadden. Eén paar armen was nodig om te tonen welke hand boven ligt als je de armen over elkaar doet, en het andere paar om te laten zien welke duim boven ligt als je de handen verstrengelt.

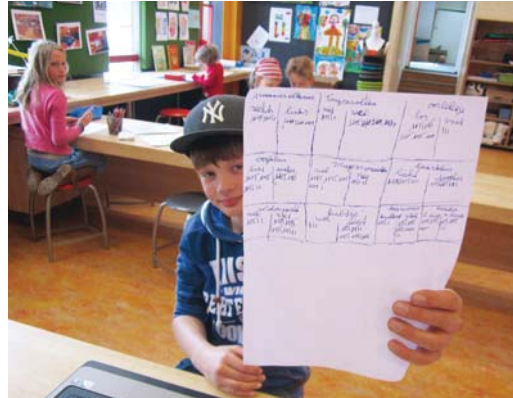


'Wat voor kleur haar komt het meest voor in onze klas?'

DNA

'Zijn jongens vaker dyslectisch dan meisjes?'

Dit groepje heeft een vragenlijst ontwikkeld die aan alle dyslectische kinderen op school is uitgedeeld. Die moesten ze thuis invullen want er stonden ook vragen op over vaders, moeders, opa's, oma's etc. Dit was om te weten te komen of je het vaker van je vaders kant krijgt dan van je moeders kant.



Sem geeft alvast een inblikje in de resultaten.

'Wat is het verband tussen sproeten en haarkleur?'

Uit alle klassen werden de sproetenkinderen opgetrommeld. Het onderverdelen van leerlingen op haarkleur was best lastig, want hoe definieer je haarkleur (donker, best wel donker, heel donker)?



Stap 5. Concluderen

'Zijn jongens of meisjes beter in het kopiëren onder druk en zonder druk?'

Dit groepje was geïnspireerd door de aanvuloefening uit de introductieles. Zij vonden dit een leuke opdracht en waren benieuwd of meisjes of jongens hier beter in zouden zijn wanneer zij dit in een omgeving met veel afleiding moeten doen. Zo kwamen zij tot de eerste onderzoeksvraag: *'Zijn jongens of meisjes beter in het kopiëren onder druk?'* Hierop doorpratend kwamen we eigenlijk op het idee dat het ook interessant is om eerst te kijken naar kopiëren zonder druk. Vandaar dat de onderzoeksvraag vervolgens aangevuld is tot: *'Zijn jongens of meisjes beter in het kopiëren onder druk en zonder druk?'* (NB! Het kopiëren dient in dit onderzoek eigenlijk aanvullen genoemd te worden.)

Dit groepje jonge onderzoekers heeft op de computer strookjes gemaakt met vier kleuren. Daarbij kregen de kinderen de instructie om naast een rood streepje met stift een groen streepje te zetten en dit ook bij geel met blauw te doen. Ze hebben uit iedere groep 7 klas 2 jongens en 2 meisjes gevraagd om mee te doen. Deze proefpersonen kregen 50 seconden de tijd om de opdracht uit te voeren. Na een pauze was de opdracht hetzelfde, maar de onderzoekers zorgden nu voor vooraf afgesproken afleiding. Dit kwam in de vorm van gepraat, een muziekje uit een mobiele telefoon, vallende boeken en een lopende kraan. Aan de proefpersonen is van tevoren niet verteld dat dit bij het onderzoek hoorde.

Genoteerd is het aantal correct gezette streepjes en het aantal fouten. Deze onderzoekers hebben uiteindelijk geconcludeerd dat jongens beter presteren zonder afleiding, maar dat meisjes het beter doen wanneer zij 'onder druk' staan, dus afleiding uit de omgeving hebben.

'Merk je het als er een foutje zit in een recept?'

De kinderen besloten te onderzoeken of het eigenlijk erg is als er in een recept een klein foutje zit. Dit deden ze door mini-appelflapjes te maken met steeds een kleine variatie. Er werden 'standaardflapjes' gemaakt volgens een vast recept, en vervolgens ook flapjes met daarin steeds

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

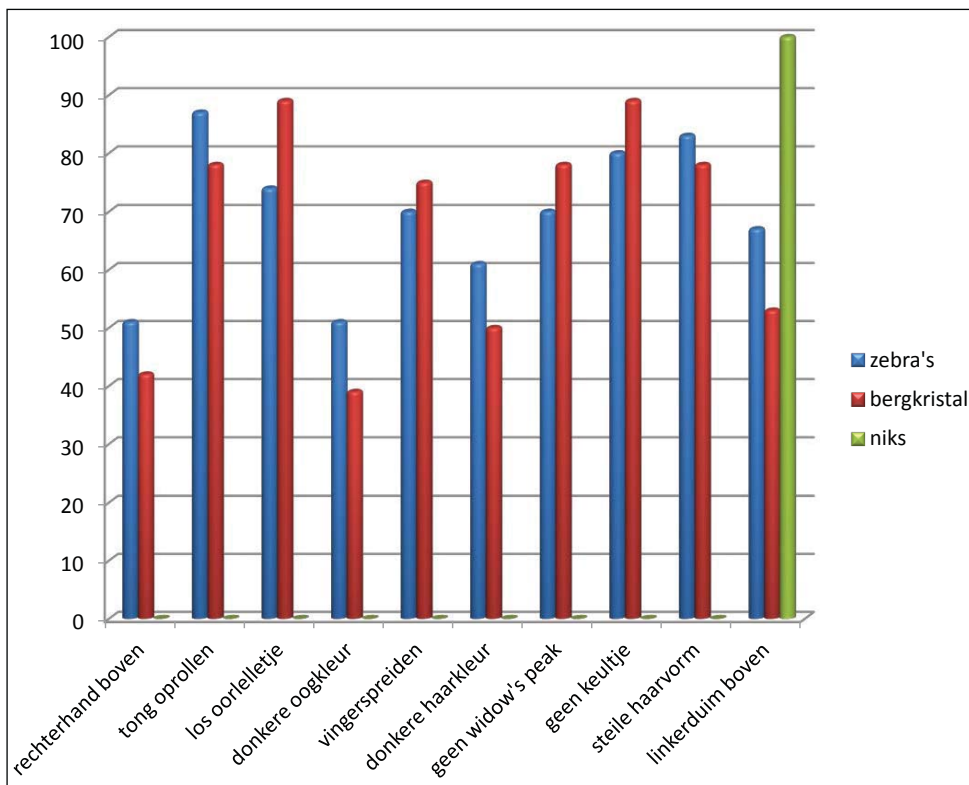
één foutje: andere appels, ander deeg, zonder suiker, zonder kaneel etc. Alle flapjes werden voorzien van vlaggetjes zodat de onderzoekers ze uit elkaar konden houden.

Vervolgens mochten de kinderen van het proefpanel één voor één het 'proeflokaal' in om daar twee flapjes te proeven, één gewone en één andere. Ze moesten daarna aangeven of het tweede flapje hetzelfde smaakte als het eerste, of dat ze iets anders proefden. In dat geval moesten ze ook aangeven *wat* ze dan anders proefden.



Proeft ze het of proeft ze het niet?

Opvallend was dat de meeste kinderen geen verschil proefden, of dat ze juist iets meenden te proeven wat er niet in zat. Zo werd een flapje zonder suiker juist als zoeter beoordeeld. Bij de evaluevaluatie leverde het zoeken naar verklaringen van deze bevindingen heel interessante resultaten op. De kinderen kwamen tot de conclusie dat flapjes altijd van elkaar verschillen omdat je er nooit precies evenveel stukjes appel in doet, of precies evenveel deeg. Met andere woorden: de noodzaak om factoren constant te houden en slechts één variabele te veranderen werd op deze wijze echt ervaren.



Stafdiagram van percentages van eigenschappen die in de twee klassen voorkomen (zie pagina 89 voor beschrijving van het onderzoek).

DNA

'Heeft rekentalent met je DNA te maken?'

Dit groepje was zeer benieuwd naar de erfelijke invloed op intelligentie. Al snel kwamen ze erachter dat dit wel een zeer breed onderwerp was en heeft het groepje jonge onderzoekers zich verder toegespitst op het vakgebied rekenen. Vervolgens liepen zij tegen een (ethisch) dilemma aan. Want, betrek je de minder goede rekenaars in zo'n onderzoek? Dat is toch niet prettig voor hen? Een gesprek hierover leidde uiteindelijk tot de keuze: 'Kieners' als proefpersonen (Kieners zijn rekenaars die extra uitgedaagd worden met een verrijkend rekenprogramma). Uit iedere bovenbouwgroep hebben zij Kieners uit groep 7 een formulier meegegeven voor hun ouders. De ouders konden hierop hun gemiddelde rapportcijfer voor rekenen in groep 7 invullen.

Dit groepje had uiteindelijk een beetje moeite met het trekken van een conclusie. Wat zij van tevoren vergeten waren te bepalen is een grenswaarde: wanneer is er wél en wanneer is er geen verband tussen erfelijkheid en rekenen? Hun conclusie lokte daardoor een interessante discussie uit binnen de groep. Want als de mama's gemiddeld een 7 hadden, noemen we dit dan wel of geen geërfd rekentalent? En waar ligt de grens? Uit de gegevens kwam in ieder geval naar voren dat de vaders van deze 'Kieners' gemiddeld een hoger rapportcijfer in groep 7 hadden dan de moeders.

Tabel 4. Uit het onderzoekslogboek

	'Heeft rekentalent met je DNA te maken?'
16-04	Hoe gaan we het doen: met een enquête en brieven. Doelgroep: niveau 7 (Kieners).
17-04	We hebben het blad ingevuld en zijn weer een stap verder gekomen.
20-04	We hebben de brieven uitgedeeld door de leerkrachten en maandag doen we de andere brieven. Daarna kunnen we onderzoeken. We hebben nog niet alles kunnen uitdelen.
23-04	Vandaag gaan we de brief meegeven aan de ouders. Hopelijk vullen ze het in, en leveren ze het in, zodat we kunnen beginnen met onderzoeken. Hopelijk vinden de leerkrachten het goed dat we een testje afnemen.
23-04	We hebben nu alle twee de brieven uitgedeeld, alleen er was een foutje in de brief. Maar dat hebben we opgelost. Woensdag/ dinsdag wordt het ingeleverd en kunnen we onderzoeken.
26-04	Ik heb op het leerplein aan DNA gewerkt. Ik heb het gemiddelde uitgerekend van de cijfers van de vaders en de moeders.
08-05	We gaan vandaag de informatie op de PowerPoint zetten. Dan gaan we verdelen wie wat gaat zeggen. Daarna gaan we ons stukje oefenen, en dan gaan we vanmiddag het presenteren. Onze hypothese is dat we verwachten dat het rekentalent van Kieners WEL te maken heeft met het rekentalent van groep 7 van hun ouders.
14-05	Dit project ging over DNA. Je lichaam bestaat uit cellen en in die cellen zit je DNA. Vrijdag (11-05) gingen we naar het Radboud Ziekenhuis. We hadden drie groepen. Een groepje kreeg een PowerPoint van de onderzoeker te zien. Het andere groepje kreeg een rondleiding door het laboratorium. En de anderen gingen een DNA-onderzoekje doen. Om de 20 min. wisselden we. Het DNA-onderzoekje dat we mochten doen: eerst moesten we zout water in onze mond doen, en dan even spoelen en dan moesten we het uitspugen in een buisje. Dan moesten we zachtjes schudden, zodat het DNA bij elkaar kwam, en toen moesten we er alcohol bij doen en dan weer schudden en.... JE HEBT JE DNA!

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!



Stap 6. Presenteren

Bij de presentaties maakten vijf groepjes gebruik van een PowerPointpresentatie om de onderzoeksresultaten weer te geven en één groepje maakte daar een poster voor. Twee groepjes deden er een toneeltstukje bij, en één groepje had twee grote figuren getekend die de gemiddelde leerling voorstelden.



Stap 7. Verdiepen/ verbreden

Ook de kinderen van basisschool de Lanteerne hebben een bezoek gebracht aan het DNA-lab in het Radboud ziekenhuis. Enkele verslagen van de kinderen volgen hieronder.

Op 11 mei 2012 gingen we naar het Radboud ziekenhuis toe om nog meer te leren over DNA. We keken een filmpje over blinde en dove vissen, daarna kregen we een rondleiding over de afdeling van DNA. Daar waren allemaal robotmachines die DNA kopieerden en lazen, dat ging heel snel. In het lab gingen we ons eigen DNA onderzoeken. Je moest met zout water spoelen dat was heel vies, als je klaar was met spoelen ging je dat uitspugen in een buisje daar werd dan afwasmiddel bij gedaan en de witte sliertjes werden er uitgehaald, dat was je DNA.

11 mei 2012

We gingen naar het Radboud Ziekenhuis en we gingen op de fiets. Toen we aankwamen werden we ontvangen door meneer Diederik. Die leidde ons naar een kamer waar we onze tassen en jassen konden neerleggen. Daarna vertelde hij wat. We werden in drie groepen verdeeld en ik ging naar het lab met Clemens. Daar moest je zout water inslikken en even spoelen in je mond daarna uitspugen en dan moest je er zeep in doen en even roeren zodat het goed gemengd was. Daarna moest je er alcohol bij doen zodat het DNA aan elkaar ging en dat ging in een bakje. Daarna mocht je het meenemen. Toen gingen wij met meneer Diederik mee voor een rondleiding door het gebouw. We kwamen langs apparaten waar ze DNA isoleren en daar was het wat koeler. Daarna was er een PowerPoint over vissen, het was een leuke dag!



Kijken of je DNA zichtbaar wordt.



DNA isoleren.

DNA

Radboud Ziekenhuis

We zijn met de klas naar het Radboud Ziekenhuis geweest. We gingen op de fiets. Eerst kregen we een rondleiding. Er waren heel veel machines met grijparmen die DNA aan het lezen waren. Daarna gingen we naar het laboratorium, daar moesten we ons eigen DNA isoleren. We kregen eerst heel zout water in onze mond zodat onze cellen loskwamen. Daarna stopten we daar alcohol bij zodat ons DNA aan elkaar ging plakken. Het DNA mochten we in een potje meenemen. Daarna liet een man een PowerPoint zien over zebrafissen die doof en niet doof waren. En over honden die blind waren, maar ze hadden medicijnen gekregen zodat ze wel weer konden zien. Op het einde mochten we vragen stellen over DNA.



Samen met een wetenschapper DNA isoleren.



Kijk mijn DNA.

Evaluaties en reflecties van basisschool de Lanteerne

Evaluaties van de kinderen

Hieronder volgen enkele reacties van de kinderen uit de schriftelijke evaluatie.

Hoe vond je het om in een groepje een onderzoeksvraag te bedenken en te onderzoeken? Wat ging er heel goed en wat ging er minder goed?

- "Ik vond het super! Je leerde veel van elkaar."
- "Ik vond het leuk omdat je je eigen vraag mocht stellen."
- "De vraag bedenken ging goed, want we gingen stemmen."
- "Ik vond het leuk en lastig om een onderzoeksvraag te bedenken."

Wat zou je een volgende keer anders doen?

- "Sneller werken."
- "Iets meer kinderen nemen omdat je er dan iets meer van weet."
- "De volgende keer zou ik het niet anders doen."
- "Een betere vraag verzinnen."

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Wat heb je in dit project geleerd over DNA?

- "Dat DNA blijft kopiëren."
- "Dat een foutje in het DNA niet per se slecht is."
- "Je kunt dieven met DNA opsporen."
- "Dat als je al je DNA achter elkaar stopt je dan 400 keer naar de zon en terug moet."
- "Dat DNA het bouwplan van je lichaam is."

Wat heb je geleerd over samenwerken?

- "Dat je beter moet overleggen."
- "Dat het in m'n eentje niet was gelukt."
- "Dat je jezelf soms moet aanpassen."
- "Dat je de rollen goed moet verdelen."

Wat heb je geleerd over onderzoek doen?

- "Dat je je aan een plan moet houden."
- "Dat alles heel precies moet."
- "Dat het eerlijk moet zijn."
- "Goed voorbereiden."
- "Over dat je alles moet opschrijven."
- "Dat er met een onderzoek nooit alles goed verloopt."

Noem nog drie andere dingen die je geleerd hebt in dit project:

- "Dat gemiddeld de vaders van Kieners beter zijn."
- "Dat foutjes niet altijd erg zijn."
- "Je moet iedereen iets te doen geven."
- "Recessief en dominant."
- "Geel bij blauw en rood bij groen."
- "En dat de politie DNA gebruikt."
- "Hoe ze kunnen kijken of vissen doof of blind zijn."
- "Dat je de helft van je moeder en de helft van je vader krijgt."
- "Dat iedereen ander DNA heeft."
- "Als je foutjes hebt kun je kanker krijgen."
- "Je hele lichaam bestaat uit DNA."
- "Als je vlees eet, eet je DNA."

Wat wil je nog kwijt over dit project?

- "Dat het leuk en leerzaam was."
- "Dat ik nooit meer naar de wc ga als ze de taakverdeling doen."

Evaluaties van de pabo-student en leraren

Voldoende aandacht besteden aan onderzoeksvragen opstellen

Terugkijkend op dit project is het zaak om veel aandacht te besteden aan het onderdeel 'onderzoeksvragen opstellen'. Het is lastig voor kinderen om hierin concreet en 'klein' te blijven. Maar ook voor een leerkracht is het een hele opgave om ieder groepje voldoende begeleiding te geven zonder daarbij te veel sturend bezig te zijn. Sommige groepjes starten zo groots, zoals 'Hoe komt het dat Chinezen en Japanners puntige ogen hebben?' of 'Hoe zijn de mensen ontstaan?'

Zowel onderzoeksvragen als kennis opgedaan

Kinderen hebben deze eerste keer eigenlijk op twee gebieden veel geleerd; enerzijds natuurlijk over DNA en het kopiëren van DNA, anderzijds hebben ze zich veel onderzoeksvaardigheden eigen gemaakt. Ergens halverwege het project zat ik achter mijn bureau en hoorde ik kinderen die zelfstandig aan het werk waren de volgende zinnen uitspreken "nee joh, dat is helemaal niet onze doelgroep" of "we moeten dit wel goed opschrijven en zorgen dat alles hetzelfde blijft anders zijn onze onderzoeksresultaten niet goed". Ook kinderen uit groep 6 en 7 hadden dergelijke opmerkingen! Dat geeft toch aan dat ze heel wat geleerd hebben!

Onderzoek en wetenschap is concreter geworden

Ik denk dat wetenschap, onderzoek doen en de universiteit voor kinderen na dit project wel een stukje concreter zijn geworden. Ze kunnen zich er iets beter een beeld bij vormen. Daarnaast kan ik het me goed voorstellen (maar dit heb ik niet gevraagd!) dat er ook kinderen zijn die nu zullen denken dat alle professoren en onderzoekers 'iets met DNA' doen... Hier zou ik in mijn lessen nog wat aandacht aan willen besteden. Het onderzoek doen is voor kinderen in ieder geval een heel stuk helderder geworden.

Overige auteurs

- Jos Marrel (pabo-docent aan de HAN)
- Winnie Meijer (projectmedewerker WKRU)
- Marieke Peeters (projectleider WKRU)

Project 'Uniek door nieuwe foutjes in je DNA' de klas in!

Bronnen

Gebruikte boeken voor DNA-circuit in stap 2 Verkennen.

- Silverman, B (2010). Kind van je ouders.
- Winston, R. (2005). Waarom lust ik geen spruitjes?
- Brenifier, O. (2011). Iedereen is anders.
- Haring, B. (2001). Kaas en de evolutietheorie.
- Siemensma, F. (2010). Erfelijkheid.
- Baeten, M. (2000). Haren.
- Zijl, M. van. (2008). Wonderkinderen.
- Allan, T. (2009). DNA, een doorbraak in de geneeskunde.
- Jefferis, D. (2001). Klonen: ontwikkelingen in de gentechnologie.
- Pratt Nicolson, C. (2005). Baa! Het meest leuke boek over genen en klonen.
- Stoppard M. (1997). Waarom hebben we tien tenen? (Deel uit de reeks: Wat kinderen willen weten.)

Verwijzingen

- (1) Schooltv, aflevering: Iedereen is anders: Je DNA bepaalt hoe je eruit ziet, http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20030904_dna01 (21-11-2012).
- (2) YouTube filmpje, DNA replication animation, <http://www.youtube.com/watch?v=zDkiRw1PdU> (21-11-2012).
- (3) SLO Tule, Kerndoelen Oriëntatie op jezelf en de wereld, <http://tule.slo.nl/OriëntatieOpJezelfEnWereld/F-KDOriëntatieJezelfEnWereld.html> (21-11-2012).
- (4) Peeters, M., Meijer, W., & Verhoeff, R. (2012). Wetenschappelijke doorbraken de klas in! Angst, Grafeen en Denkbeelden over het begin. Nijmegen: Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen.
- (5) De Vaan, E., & Marell, J. (2006). Praktische Didactiek voor natuuronderwijs (6e ed.). Bussum: Countinho.
- (6) Sciencecenter Nemo, doe-boekje Codenaam: DNA 'Wie ben ik? (Document is online niet meer beschikbaar).
- (7) Klokhuis, aflevering: Technische recherche. Via: <http://www.hetklokhuis.nl/onderwerp/dna>, <http://www.ntr.nl/player?id=6747205&ssid=269> (22-11-2012).
- (8) Erfocentrum, website voor kinderen over erfelijkheid, <http://www.bogi.nl/#bogi> (22-11-2012).

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen (WKRU)

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

Missie

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

Activiteiten

Het WKRU heeft een gevarieerd palet van activiteiten waaronder: jaarlijkse nascholingsdagen wetenschapeducatie voor pabo-studenten en leraren basis- en voortgezet onderwijs (Winterschool), samenwerking in projectteams tussen wetenschappers, pabo-studenten en leraren waarbij een wetenschappelijk onderwerp vertaald wordt naar een project rondom onderzoeksactiviteiten, kinderlezingen (Mystery X), cursussen voor jonge onderzoekers hoe ze hun onderwerp toegankelijk kunnen maken voor kinderen... en nog veel meer (zie www.wkru.nl).

Organisatie

De organisatie van het Wetenschapsknooppunt bestaat uit drie vaste medewerkers en een stuurgroep. In de stuurgroep zijn er verschillende partijen die samenwerken binnen het wetenschapsknooppunt vertegenwoordigd. De stuurgroep stippelt in samenwerking met de medewerkers het beleid uit en bewaakt op hoofdlijnen de voortgang.

Het uitvoerende deel van het WKRU bestaat uit de volgende medewerkers:

- **Dr. Marieke Peeters**, projectleider
- **Winnie Meijer MSc**, projectmedewerker
- **Elke Jacobs**, communicatiemedewerker

De stuurgroep bestaat uit:

- **Prof. dr. Carl Figdor**, hoogleraar Immunologie in het Nijmegen Centre for Molecular Life Sciences van het UMC St Radboud en initiator WKRU.
- **Prof. dr. Ludo Verhoeven**, hoogleraar Orthopedagogiek aan de Radboud Universiteit en wetenschappelijk directeur van het Expertisecentrum Nederlands.
- **Drs. Betty T.M. van Waesberghe**, voorzitter van de instituutdirectie van de HAN Pabo's (Pabo Groenewoud Nijmegen en Pabo Arnhem).
- **Dr. Roald Verhoeff**, universitair docent bij het Institute for Science, Innovation and Society van de Radboud Universiteit.



www.orionprogramma.nl



www.platformbetatechniek.nl

Radboud Universiteit Nijmegen



www.ru.nl

Hogeschool  van Arnhem en Nijmegen

www.han.nl



KONINKLIJKE NEDERLANDSE
AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN

www.knaw.nl

Radboudumc

www.umcn.nl



www.ncmls.eu



www.society-lifesciences.nl

KWTG

onderzoekt je perspectief!



**EXPERTISECENTRUM
NEDERLANDS**



Behavioural Science Institute



Institute for Molecules and Materials



Faculteit der Letteren



SNS REAAL
www.snsrealfonds.nl

Stichting Sanssouci

Foto- en illustratieverantwoording

Tenzij anders vermeld zijn de foto's in deze uitgave gemaakt door het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit. ©WKRU, december 2012

© ANP FOTO 2012	p. 148
Andrey Kuzmin/123rf.com	p. 107
Basisschool de Lanteerne, Nijmegen	p. 81-86
Beeldredactie UMC St Radboud	p. 35 en 147
Dick van Aalst	p. 100
Dirk Geurts	p. 103
EE Hillemacher	p. 151 (Edward Jenner vaccinating a boy, Oil painting 1884)
Elke Jacobs	illustratie omslag, tip- en film-symbool en symbolen van onderzoekend leren.
Emil Roes	p. 93-94
Esther Aarts	p. 105 en 108
Jos van der meer	p. 150
JrPol	p. 152
Katrintimoff/ 123rf.com	p. 107
Leerling Groep 5, OBS de Zilverzwaan	p. 8 en 13
Luchschen/ 123rf.com	p. 162
Masur	p. 152
Peter Lamb/ 123rf.com	p. 42 en 54
Pethan	p. 152
Roberto Biasini/123rf.com	p. 43
Jan Verkolje	p. 153
Sebastiaan Donders/ AllesoverDNA.nl	p. 43 en 55
Stefano Valle/ 123rf.com	p. 10
Tomwang/ 123rf.com	p. 20
Winnie Meijer	p. 37, 44 en 54; 148*, 15 **

* bewerking van origineel door: A. Rad,

bron: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hematopoiesis_\(human\)_diagram.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hematopoiesis_(human)_diagram.png)

** Gemaakt op basis van voorbeeld van de Jonge Akademie,

bron: <http://www.dejongsteakademie.nl/>

Werkblad 'Bedorven of niet bedorven?': p. 166

Dmitriy Krasko/123rf.com (beschimmeld brood), Elena Larina/123rf.com (schimmel kaas), Imarly/123rf.com (beschimmelde kaas), Kia Cheng Boon/123rf.com (trassi), nito500/123rf.com (gedroogde abrikoos), Pauliene Wessel/123rf.com (tempeh), Pejo/123rf.com (appel), Picsfive/123rf.com (zure room), Valentyna Antonenko/123rf.com (glas melk).

Powerpointpresentatie over DNA: p. 53

Roberto Biasini/123rf.com (cellen van een mens), Dinga/123rf.com (vergrootglas), Shao-Chun Wang/123rf.com (model met vergrootglas), Van Malaysia/123rf.com (huidcellen), Oleg Doroshin/123rf.com (microscop).

Bronvermelding:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Legionella_pneumophila_01.jpg p. 152

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Pierre_de_Fermat.png p. 152