



Hoe? Zo! Show

**Ontdek
hoe we weten
wat we weten**

Barbara Braams & Lennart de Groot

Inhoudsopgave

Introductie	7
Waarom krijgt een specht nooit hoofdpijn?	13
Waarom blijft lijm niet in de tube plakken en wel op papier?	23
Waarom verdrinken vissen niet?	33
Waarom hebben we emoties?	43
Waarom zegt een wekker 'piep'?	51
Waarom kun je een grijs potlood makkelijker uitgummen dan een kleurpotlood?	61
Waarom slapen we en hoe slaapt een giraf?	71
Waarom zegt een wekker 'piep'?	81
Is er iets met geen nadeel?	91
Hoe maakt 1-0-1-0-1-0 een game?	101
Hoe word je langer en waarom stop je met groeien op je 18e?	111
Waarom worden mensen ziek?	121
Waarom hebben mensen verschillende oogkleuren en zien we dan ook allemaal iets anders?	131
Waarom zien jongens en meisjes er soms verschillend uit?	143
Hoe weet de zon wanneer het licht moet worden?	153

Waarom heeft een olifant een slurf?	165
Waarom kun je bij mensen wel goed emoties zien, maar bij dieren niet?	177
Hoe kan je weten welke kleuren uitgestorven dieren hadden?	187
Waarom smelten sommige gletsjers sneller dan andere?	197
Hoe kunnen aardplaten verschuiven?	207
Waarom is lucht doorzichtig?	219
Hoe is er leven op aarde ontstaan?	229
Hoe komen er rotsblokken uit de oerknal?	239
Hoe zijn wetenschappers ontstaan?	249
Waarom doen mensen dingen die niet mogen?	259
Hoe ontstaat taal?	269
Hoe is geld ontstaan?	281
Kunnen blinde mensen zien in hun dromen?	291
Wat is wetenschap?	303
Verantwoording	319
Bronvermelding	324
Over de auteurs	326
Dankwoord	327



Introductie



Introductie

Op zoek naar antwoorden

In dit boek vind je echte vragen van kinderen. Misschien heb jij zelf ook weleens zo'n vraag gehad. Waarom verdrinken vissen niet? Of kunnen blinde mensen zien in hun dromen? Je kunt tegenwoordig bijna alles op internet opzoeken. Maar hoe weet je of die informatie klopt? En waar komt die informatie vandaan?

In dit boek ga je samen met wetenschappers op zoek naar antwoorden. Het draait niet alleen om het antwoord, maar ook om hoe je dat antwoord kunt vinden. We laten zien hoe wetenschappers vragen onderzoeken en wat we wel en niet weten. Soms krijg je een helder antwoord. Soms roept het antwoord alleen maar nieuwe vragen op. En soms weten wetenschappers het ook nog niet precies. Juist dat is wat wetenschap spannend maakt!

Steeds uitdagender

Ben je nieuwsgierig naar de vragen? Ga dan snel lezen! Je hoeft niet vooraan te beginnen. Maar als je dat wel doet, merk je dat de vragen steeds uitdagender worden. De vragen beginnen bij dingen die je kunt zien en aanraken, zoals een vis, een specht of een tube lijn. Daarna gaan de vragen over dingen die je niet direct kunt zien, zoals wat er in je lichaam gebeurt als je slaapt, groeit of ziek wordt.

Verderop in het boek gaat het over dingen die heel lang duren of heel lang geleden zijn gebeurd. Dan gaat het bijvoorbeeld over dieren die miljoenen jaren geleden leefden, over het ontstaan van leven en zelfs over het begin van het heelal. Aan het einde van het boek komen vragen over hoe mensen samen de wereld organiseren, bijvoorbeeld met taal, geld en regels.

Ben je nieuwsgierig naar wat wetenschap is? In het allerlaatste hoofdstuk ontdek je hoe wetenschappers werken en waarom hun manier van werken betrouwbaar is.

Samen lezen

Sommige vragen zijn misschien lastiger dan andere en dat is niet erg. Je hoeft niet meteen alles te begrijpen of alles te lezen. Soms lees je later een vraag nog een keer door en valt het ineens op zijn plek. En het is ook leuk om juist die uitdagende vragen nog eens samen met een volwassene te lezen en het er samen over te hebben. Of je bladert door het boek en leest vooral de leuke weetjes.

Nog meer weten

Wil je nog meer weten? Bij elke vraag in dit boek horen blokjes: de gekleurde vakken die je overal tegenkomt. In die blokjes vind je meer informatie die bij de vraag hoort. Veel van die blokjes gaan over de manier waarop wetenschappers onderzoek doen en in andere blokjes leer je meer over het onderwerp of leer je wetenschappers kennen.



De stappen van een onderzoek

Om iets te onderzoeken, volgen wetenschappers vaak een vast stappenplan. Niet elk onderzoek verloopt precies hetzelfde, maar meestal zie je dezelfde stappen terugkomen: van iets opmerken, tot een vraag stellen, tot een antwoord vinden. Dat helpt wetenschappers om zo eerlijk en zorgvuldig mogelijk tot een antwoord te komen en niet per ongeluk een verkeerde conclusie te trekken. Daarom is deze manier van werken zo belangrijk.

In verschillende blokjes kom je de stappen van het stappenplan tegen. Aan de zijkant van elk blokje staat om welke stap het gaat, zodat je ze makkelijk herkent en terugvindt. Je vindt de volgende blokjes in het boek:

Observeren: Iemand merkt iets op en vraagt zich af hoe dat werkt. Kijk mee en probeer het soms zelf uit.

Vraag formuleren: Goede wetenschap begint met een goede vraag. Hoe maak je van iets dat je opvalt een vraag die je echt kunt onderzoeken?

Hypothese stellen: Voordat je gaat onderzoeken, bedenk je eerst wat je denkt dat het antwoord zal zijn. Zo'n voorspelling heet een 'hypothese'. In je onderzoek test je of je hypothese waar is, of niet.

Onderzoek opzetten: Hoe test je of een hypothese klopt? Hier lees je hoe je je onderzoek zo opzet dat je echt een antwoord krijgt op je vraag.

Data verzamelen: Meten is weten. Tijdens je onderzoek verzamel je gegevens, die vaak 'data' genoemd worden. Lees hier hoe je genoeg gegevens verzamelt en hoe je ze zorgvuldig vastlegt. Anders kun je er later geen goede conclusie uit trekken.

Conclusie trekken en delen: Nu heb je je resultaten, maar wat betekenen ze precies? Klopt je hypothese, of toch niet? En waarom is het belangrijk dat je je resultaten met anderen deelt?

Nieuwe vragen stellen: Elk antwoord roept nieuwe vragen op. Lees hier hoe elke ontdekking weer nieuwe vragen oplevert en dus tot nieuw onderzoek leidt.

Verder kijken

Naast blokjes die de verschillende stappen van een onderzoek laten zien, zijn er ook andere blokjes. Sommige gaan dieper in op het onderwerp en andere laten juist een verrassende andere kant van de wetenschap zien.

Soms lees je ook hoe wetenschappers hun ideeën hebben moeten bijstellen, omdat er nieuwe ontdekkingen gedaan werden. Want wetenschap staat nooit stil: wat we nu weten, kan morgen weer een beetje anders blijken te zijn.

En dan zijn er nog blokjes over wetenschappers zelf. Want wie bedenkt zulke onderzoeken eigenlijk? En hoe kom je op het idee om onderzoek te gaan doen?

Voortschrijdend inzicht: Door nieuw onderzoek komen we steeds meer te weten. Daardoor worden eerdere ideeën soms bijgesteld. Hier lees je hoe inzichten worden aangepast als er nieuwe informatie bijkomt.

Verdieping: Wil je meer weten? Hier ga je dieper in op het onderwerp.

Verbreding: Wetenschap raakt aan alles. Hier ontdek je een verrassende andere kant van het onderwerp en kijk je verder.

Wetenschappers: Achter elk onderzoek zit een mens. Maak hier kennis met echte wetenschappers.



Rikketikketik! Hoor je dat geluid in het bos? Dat is een specht die met 25 kilometer per uur tegen een boom roffelt, wel 20 keer per seconde! En dat de hele dag door, zonder hoofdpijn. Maar hoe doet een specht dat? En heeft hij echt nooit hoofdpijn, of weten we dat niet helemaal zeker?



#1

Waarom krijgt een specht nooit hoofdpijn?



in samenwerking met Jessica Schaaf

Waarom krijgt een specht nooit hoofdpijn?

Misschien heb je weleens door het bos gelopen en hoorde je *rikketikketik*. Dat zou heel goed een specht geweest kunnen zijn die met zijn scherpe snavel tegen de stam van een boom roffelt. Een specht hamert soms met meer dan 25 kilometer per uur tegen de stam van een boom en dat wel 20 keer achter elkaar binnen één seconde! Toch krijgt hij geen hoofdpijn. Maar weten we dat wel zeker? Krijgt een specht echt geen hoofdpijn? Wat is hoofdpijn precies? En waarom hamert een specht tegen de boom?

De specht: voor al je timmerklussen

In Nederland leven vijf soorten spechten die er vrolijk op los timmeren. Maar waarom? Spechten roffelen om verschillende redenen. Door met zijn snavel op de boom te tikken, hoort de specht precies waar insecten zich verstoppen in het hout. Op holle plekken hakt hij een gaatje en dan schiet zijn lange, kleverige tong naar binnen om de insecten onder de bast van de boom uit te vissen.

Spechten hakken ook in zachte stukken hout om ruimte te maken voor hun nestje. En soms gaat het alleen maar om het geluid zelf: net als wij, horen andere spechten het getimmer ook al van ver. Op die manier laten spechten aan andere spechten weten dat zij daar al wonen, of hoort hun partner dat ze in de buurt zijn. Spechten zijn dus heel veelzijdige timmermannen en -vrouwen!

Spechten timmeren niet alleen op bomen. Ze roffelen ook op dakgoten, schoorstenen en metalen palen, eigenlijk op alles wat goed klinkt.

Timmerlijf

Het hele lijf van een specht is gemaakt om dag in dag uit te kunnen timmeren. Zijn nekspieren zijn dikker en sterker dan die van de meeste andere vogels die even groot zijn. Daardoor kan hij van die harde klappen geven.

Zijn klauwen zijn scherp en staan in een bijzondere stand: twee tenen naar voren, twee naar achteren. Daarmee grijpt hij zich goed vast in de bast van de boom. Dan kan hij niet opeens losschieten als hij op volle kracht aan het timmeren is. En zijn staart is niet zomaar een staart: de veren zijn extra stijf en werken als een soort derde pootje waarmee hij zich tegen de boom afzet.

Klotsende hersenen

Stel je voor dat jij de hele dag met je hoofd tegen een boom zou kloppen. Twintig keer per seconde, met de kracht van een kleine hamer. Binnen een paar seconden zou je al flinke hoofdpijn hebben. Een specht doet dit zijn hele leven, dag in dag uit, zonder dat hij er blijkbaar last van heeft. Hoe kan dat?

Om dat te begrijpen, moeten we eerst weten wat er in je hoofd gebeurt als je een harde klap krijgt. Je hersenen zitten niet helemaal vast in je schedel; er zit een laagje vocht omheen. Normaal gesproken is dat heel goed: je hersenen moeten een beetje kunnen bewegen. Maar bij een harde botsing wordt dat een probleem.



De eikelspecht slaat eikels op voor de winter. Ze proppen er soms wel 50.000 in één boom. Voor elke eikel boren ze een apart gaatje, precies op maat.



Een hersenschudding?

Als je ergens tegenaan stoot, staat je schedel plotseling stil, maar je hersenen bewegen nog door. Ze schieten naar voren en stoten hard tegen de binnenkant van je schedel. Zo ontstaat een hersenschudding. Een hersenschudding is heel vervelend. Je krijgt hoofdpijn, kunt er misselijk van worden, duizelig, en je kunt wazig gaan zien.

Maar het vervelendste is misschien wel wat er daarna komt: je kunt je slecht concentreren, dingen vergeten die je net nog wist, en je hoofd voelt zwaar en suf aan. Sommige mensen hebben er weken last van. Een specht maakt bij elke tik een beweging die bij een mens een hersenschudding zou veroorzaken. En dat doet hij niet één keer, maar duizenden keren per dag.

Sponsbot?

Hebben spechten dan de hele dag hoofdpijn? Deze vraag houdt wetenschappers al lang bezig. Hoe kan het dat een specht schijnbaar zonder hoofdpijn de hele dag kan timmeren?

Lang geleden hebben wetenschappers de schedel van een specht al onderzocht om te kijken of de vorm van de schedel een antwoord op deze vraag kon geven. Ze vonden een sponsachtig botje tussen de snavel en de schedel van de specht. Dat moest de verklaring zijn! Bij elke klap zorgt dat sponsachtige botje ervoor dat de schedel beschermd wordt en de specht geen hoofdpijn krijgt.

Snelle filmpjes

Maar is dat wel zo? In 2022 gebruikte een groep wetenschappers van de Universiteit van Antwerpen een speciale high-speed camera om spechten te bestuderen. Die camera kan wel 4.000 beelden per seconde maken, meer dan honderd keer zoveel als een gewone telefoon. Daarmee kun je bewegingen zien die voor het menselijk oog onzichtbaar zijn. Met die camera maakten ze filmpjes van timmerende spechten om te zien wat er precies gebeurt tijdens het timmeren.

Ze vroegen zich af of dat sponsachtige botje in de schedel van de specht de klap wel echt opvangt. Als dat zo zou zijn, dan zou je met de high-speed camera zien dat de snavel bij elke klap heel even een klein stukje naar achteren schuift ten opzichte van de schedel.

Een speciale timmerschedel!

Maar wat zagen ze? Er gebeurt bijna niets met de snavel! De snavel en de kop bewegen precies tegelijk. Het is alsof de hele kop en de snavel samen één hard, stijf blok zijn, net als een hamer. Die houdt ook zijn vorm als je ergens een spijker in slaat. Wel zo handig, bedachten de onderzoekers, want hoe steviger je hamer, hoe beter je kunt timmeren.

Het sponsachtige botje helpt dus niet mee om de klap van het timmeren op te vangen. De kracht van elke klap komt gewoon in de kop van de specht terecht. Maar waarom krijgen ze dan geen hoofdpijn? Omdat hun hersenen zo klein en licht zijn. Kleine, lichte hersenen kunnen veel beter tegen een harde schok dan de grote hersenen van een mens. Daardoor raakt het brein van een specht waarschijnlijk niet beschadigd, ook al timmert hij de hele dag door.



Er zijn meer dan 200 soorten spechten en ze zien er allemaal anders uit. Van knalrood met zwart-wit, tot gifgroen en felgeel. Ze hebben allemaal hetzelfde gereedschap, maar elk een eigen pak.

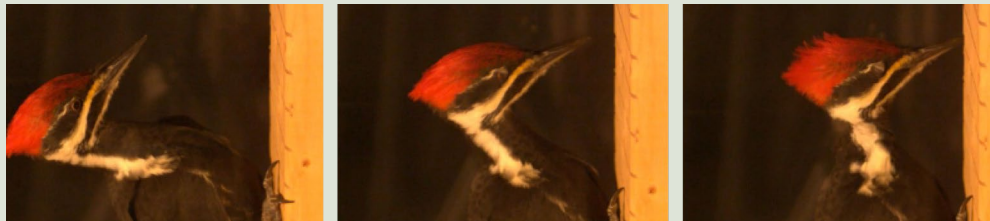
Data verzamelen

Onderzoek met een high-speed camera

Een camera in een telefoon maakt meestal 30 beelden per seconde. Dat is genoeg om een vloeiend beeld te zien. Maar als iets heel snel gaat, dan zijn 30 beelden per seconde niet genoeg om beeldje voor beeldje, in slow motion, terug te kunnen kijken wat er precies gebeurd is.

Voor het onderzoek naar het roffelen van de specht hebben onderzoekers een high-speed camera gebruikt. De camera die de onderzoekers voor de specht gebruikten maakt wel 4.000 beelden per seconde. Door zo'n filmpje veel langzamer af te spelen kun je heel precies zien hoe een specht timmert met z'n snavel, ook al gaat dat heel erg snel.

Zulke camera's worden ook gebruikt voor finishfoto's bij sportwedstrijden, bijvoorbeeld bij atletiek, schaatsen en wielrennen. Maar je kunt zo'n camera ook gebruiken om heel langzaam te bekijken hoe een ballon knapt. Wat zou jij onderzoeken als je zo'n high-speed camera had?



Dit zijn beelden uit een filmpje dat met een high-speed camera gemaakt is van een roffelende specht. De onderzoekers konden hiermee beeldje voor beeldje terugkijken wat er precies gebeurt met de schedel van de specht als z'n snavel het hout raakt.

Echt geen hoofdpijn?

Door onderzoek weten we nu hoe het hoofd van een specht in elkaar zit en wat er precies gebeurt als hij op een boomstam roffelt. Maar of een specht echt nooit hoofdpijn heeft, dat weten we nog steeds niet zeker. Bij mensen is pijn meten al heel moeilijk, dat komt omdat je pijn voelt en wat je voelt is moeilijk te meten. Je kunt iemand vragen hoe erg het is, maar pijn is voor iedereen anders. En bij dieren kun je het niet eens vragen.

Wat je wél kunt doen, is kijken naar signalen. Heeft de specht na een lange dag roffelen minder trek in eten? Beweegt hij anders? Zoekt hij meer rust op? Gedrag kan iets verraden over hoe een dier zich voelt, maar het kan ook misleiden. Een dier dat pijn heeft, verbergt dat soms juist, omdat het laten zien van zwakte in de natuur vaak gevaarlijk is.

Verdieping

Waar is pijn goed voor?

Pijn is toch niet fijn? Maar waarom hebben mensen en dieren dan soms pijn? Pijn is een alarmsysteem van je lichaam. Het heeft vier belangrijke functies.

Om te beginnen waarschuwt pijn je dat er iets mis is. Als je je hand op een hete pan legt, dan voel je meteen pijn en trek je je hand terug. Zonder die waarschuwing zou je je erg verbranden zonder dat je het merkt. Pijn helpt ook bij het beter worden van je lichaam. Als je enkel verstuikt, doet lopen pijn. Daardoor gebruik je je voet vanzelf minder en krijgt je lichaam de tijd om te genezen.

Daarnaast helpt pijn je om te leren. Als je ooit een brandnetel hebt aangeraakt, weet je dat nog wel. De volgende keer blijf je er waarschijnlijk van af. Pijn zorgt er dus voor dat je voorzichtiger wordt. Ten slotte laat pijn aan anderen zien dat je hulp nodig hebt. Als je huilt van de pijn, weten anderen dat er iets mis is en kunnen ze je komen helpen. Bij mensen, en waarschijnlijk ook bij sommige dieren, is pijn dus ook een sociaal signaal.

En een specht? Die roffelt zijn hele leven duizenden tikken per dag. Wat denk jij? Als het bij elke tik pijn zou doen, zou een specht dan de hele dag roffelen? En welk doel zou pijn bij het roffelen kunnen hebben?

Spechten zijn altijd vrij kleine vogels.
Als spechten groter zouden zijn, zou het
timmeren veel harder gaan en zouden
spechten wel hoofdpijn krijgen!

Top-timmeraar

Een andere aanpak is om te kijken wat er in het lichaam
van de specht gebeurt. Als mensen pijn hebben, maken
hun hersenen hormonen aan

die de pijn verzachten, een
natuurlijke pijnstiller.

Wetenschappers zouden
kunnen meten welke
hormonen een specht
in zijn bloed heeft voor,
tijdens en na het roffelen.

Als die pijnstillende hormonen
sterk stijgen na het timmeren,
is dat een teken dat zijn
lichaam pijn heeft. Maar het
bewijs is dan nog steeds niet
sluitend, want misschien maakt
een specht die hormonen juist
aan om ervoor te zorgen dat hij
geen hoofdpijn krijgt.

Het eerlijke antwoord is dus: we
weten niet zeker of een specht écht
geen hoofdpijn krijgt van het roffelen
op een boom. Want we kunnen hem dat
niet vragen. Maar een specht zit in elk
geval wel zo in elkaar dat hij er helemaal op
gebouwd is om de hele dag te kunnen roffelen.



Spechten leven op bijna alle continenten, van de poolcirkel tot de tropen. Alleen op Antarctica, in Australië en op Madagaskar komen ze niet voor.

Wetenschappers

Jessica Schaaf, psycholoog

Jessica is ontwikkelingspsycholoog. Ze houdt zich bezig met waarom verschillende mensen zich anders gedragen en hoe dat verandert als je ouder wordt. Ook probeert ze te begrijpen waarom dezelfde persoon de ene dag beter presteert dan de andere dag.

Waarom leert de een snel van fouten, terwijl de ander meer hulp nodig heeft? En waarom kun je je de ene dag zonder moeite herinneren wat je een week geleden hebt gegeten, terwijl je de andere dag je sleutels kwijt bent? Dat zijn precies de vragen waar Jessica zich mee bezighoudt.

Nu vraag je je misschien af waarom zij heeft uitgelegd waarom een specht nooit hoofdpijn heeft. Het antwoord is simpel: ze was nieuwsgierig.

Als ze een vraag in haar hoofd heeft, moet ze een antwoord vinden, anders kan ze niet slapen. Het liefst lost ze de hele dag puzzels op. En het leukste vindt ze wat daarna komt: aan anderen vertellen wat ze heeft ontdekt. Eigenlijk doet ze dat al haar hele leven, maar nu is het haar werk.



Verantwoording
Bronvermelding
Over de auteurs
Dankwoord

Verantwoording

Waarom bestaat dit boek?

Kinderen zitten vol vragen over hoe dingen werken en over de wereld om hen heen. Antwoorden zijn tegenwoordig op internet snel te vinden. Maar waar komen die antwoorden vandaan? Wie heeft ze bedacht en kloppen ze wel? Juist nu er zoveel informatie op ons afkomt, en lang niet alles klopt, is het belangrijker dan ooit om te kunnen beoordelen wat betrouwbaar is.

Daar gaat dit boek over. De meeste boeken vol weetjes vertellen je wát we weten. Dit boek laat zien hóe we dat weten. Hoe stel je een goede vraag? Hoe verzamel je bewijs? Hoe weet je of iets klopt en wanneer moet je juist twijfelen? Dat proces maken we stap voor stap zichtbaar. Want wie begrijpt hoe kennis ontstaat, kan zelf beter beoordelen welke informatie te vertrouwen is. Dat is niet alleen handig voor wie later wetenschapper wil worden. Het is een vaardigheid die iedereen nodig heeft.

Hoe zijn de vragen gekozen?

De vragen in dit boek zijn niet door ons bedacht. Ze zijn gesteld door kinderen, tijdens een van de Hoe?Zo! Show theatershows. De Hoe?Zo! Show theatershow is een interactieve voorstelling waarin kinderen hun eigen vragen stellen aan jonge wetenschappers die werken aan hun promotieonderzoek. De show bestaat sinds 2019 en elk jaar zijn er ongeveer twintig voorstellingen. Tijdens elke voorstelling beantwoorden de wetenschappers zes vragen uit het publiek. Zo is de loop van de afgelopen jaren een grote verzameling vragen ontstaan. Daaruit hebben we voor dit boek een keuze gemaakt.

De vragen zijn niet herschreven of verbeterd. Ze staan in het boek zoals een kind ze stelde. Soms zit er een aanname in een vraag die niet klopt. Juist dat vinden we waardevol, want het biedt de kans om te laten zien hoe je een aanname onderzoekt in plaats van haar zomaar aan te nemen. De laatste vraag, 'Wat is wetenschap?', is de enige die niet door een kind is gesteld. Die hebben we zelf toegevoegd voor verdere verdieping en om te laten zien hoe wetenschap werkt.

Hoe zijn de antwoorden tot stand gekomen?

De antwoorden zijn geschreven samen met de promovendi van de Hoe?Zo! Show: jonge wetenschappers die echt, elke dag, aan onderzoek werken. Iedere wetenschapper koos een vraag die past bij het eigen vakgebied. We hebben de teksten geredigeerd om ze helder en begrijpelijk te maken en waar nodig extra bronnen geraadpleegd.

Elk hoofdstuk is gebaseerd op wetenschappelijke literatuur en bestaand onderzoek en elke eindversie is opnieuw gelezen door de betrokken wetenschapper om de inhoud te controleren. Tegelijk geldt: wetenschap is nooit helemaal af. We hebben ons best gedaan om alles zo zorgvuldig en actueel mogelijk weer te geven en we zeggen er eerlijk bij wanneer iets nog niet zeker is.

Hoe gaan we om met onzekerheid en twijfel?

Wetenschap geeft niet altijd één definitief antwoord. Soms weten we iets nog niet precies. Soms zijn er meerdere verklaringen mogelijk. En soms verandert wat we denken te weten, omdat nieuw onderzoek nieuwe inzichten oplevert. In dit boek doen we daarom geen stellige uitspraken als dat niet terecht is. Is iets nog onzeker, dan benoemen we dat. Zijn onderzoekers het oneens, dan leggen we uit waarom. Een voorlopig antwoord is geen zwak antwoord, maar een eerlijk antwoord.

Door het hele boek heen kom je dan ook verhalen tegen van wetenschappers die het eerst bij het verkeerde eind hadden. De punt op de neus van een dinosaurus die later een duim bleek te zijn. Het idee dat de aarde het middelpunt van het heelal was. De gedachte dat geld uit ruilhandel is ontstaan.

Telkens bleek een eerder antwoord niet te kloppen en werd het bijgesteld. Dat is geen mislukking van de wetenschap. Dat is juist hoe wetenschap werkt: kennis die zichzelf blijft controleren en verbeteren. We willen laten zien dat onzekerheid een normaal onderdeel is van denken en ontdekken.

Hoe is de volgorde van de vragen bepaald?

De volgorde van de vragen in dit boek is zo gekozen dat ze samen een geleidelijke opbouw vormen in het soort vragen dat wetenschap kan beantwoorden. Het boek begint met vragen over verschijnselen die je direct kunt zien of aanraken, zoals een vis in het water of een specht tegen een boom. Bij zulke vragen ligt het antwoord vaak in één duidelijk mechanisme dat je kunt onderzoeken of zelfs zelf kunt uitproberen.

Daarna verschuiven de vragen naar processen in het menselijk lichaam, zoals emoties, slaap of ziek worden. Deze verschijnselen zijn herkenbaar, maar de verklaringen liggen in systemen die je niet direct kunt zien, zoals cellen, hormonen en genen.

Verderop worden de tijdschalen en afstanden groter en gaan de vragen over evolutie, het ontstaan van leven en processen in het heelal. Tot slot komen vragen aan bod over menselijke systemen zoals taal, regels en geld. We laten zien hoe wetenschap met verschillende methoden onderzoek doet naar al deze vragen.

Hoe lees je dit boek?

Dit boek heeft meerdere lagen, zodat het geschikt is voor verschillende lezers en op verschillende manieren kan worden gelezen. Wie alleen wil bladeren, kan dat doen aan de hand van de illustraties en leuke weetjes die bij elke vraag staan. Wie een vraag echt wil begrijpen, leest de lopende tekst. In de blokjes bij die tekst geven we informatie voor wie iets extra's wil.

In sommige blokjes laten we een stap uit het wetenschappelijk onderzoek zien: observeren, een vraag stellen, een voorspelling doen, data verzamelen, een conclusie trekken... zodat je gaandeweg leert hoe kennis wordt gemaakt. In andere blokjes geven we meer informatie over het onderwerp of een verwant onderwerp en maak je kennis met wetenschappers.

Niet elk hoofdstuk zal voor elke lezer even makkelijk zijn. Niet alles hoeft in één keer begrepen te worden. Je kunt eerst de toegankelijke laag lezen en de diepere laag laten liggen, of een hoofdstuk samen met een volwassene lezen en erover doorpraten. Misschien is het wel het mooiste als een hoofdstuk meer vragen oproept dan het beantwoordt.

Voor wie is dit boek bedoeld?

Dit boek is geschreven voor nieuwsgierige kinderen vanaf ongeveer tien jaar en voor iedereen die wil begrijpen hoe iets zit en het leuk vindt om verder te denken. De taal en de begrippen groeien mee met de opbouw van het boek: vroeg in het boek zijn de zinnen korter en de begrippen directer, later vragen de teksten wat meer van de lezer.

Moeilijke begrippen leggen we uit waar dat nodig is, wetenschappelijke termen lichten we toe in begrijpelijke taal en abstracte ideeën maken we concreet met voorbeelden. Alle vragen zijn zo uitgewerkt dat ze zelfstandig gelezen kunnen worden. Daarom leggen we sommige belangrijke begrippen, zoals DNA en evolutie, op meerdere plekken kort uit, telkens met de diepgang die nodig is voor die specifieke vraag.

Wat wil dit boek kinderen meegeven?

Niet iedereen wordt wetenschapper. Maar iedereen krijgt wel te maken met wetenschappelijke kennis. Daarom is het belangrijk om te begrijpen wat wetenschap is en hoe wetenschappelijke kennis tot stand komt.

Dit boek wil laten zien dat wetenschap geen verzameling feiten is. Het is een manier van denken. Een manier om vragen te stellen en om te onderzoeken wat klopt. Het helpt om beter te begrijpen waarom iets zo is en hoe je weet of iets waar is.

Wetenschappelijke inzichten kunnen in de loop van de tijd veranderen. Dat maakt ze niet onbetrouwbaar. Het laat juist zien dat wetenschap zichzelf blijft controleren en verbeteren. Begrijpen hoe dat werkt is misschien wel de belangrijkste boodschap van dit boek.



Waarom verdrinken vissen niet? Hoe komen er rotsblokken uit de oerknal? Kunnen blinde mensen zien in hun dromen?



In dit boek vind je echte vragen van kinderen. Samen met wetenschappers ga je op zoek naar antwoorden.



Je ontdekt niet alleen wat we weten,
maar ook hoe we dat weten.



Soms vinden we een helder antwoord.
Soms roept een antwoord nieuwe vragen op.
Soms weten wetenschappers het nog niet precies.

Juist dat maakt wetenschap zo spannend!



Barbara Braams is ontwikkelingspsycholoog aan de Vrije Universiteit Amsterdam.
Lennart de Groot is aardwetenschapper aan de Universiteit Utrecht.



Samen met Boy Vissers ontwikkelden zij de Hoe?Zo! Show theatershow, een interactieve voorstelling waarin kinderen hun eigen vragen stellen aan jonge onderzoekers. De vragen in dit boek zijn gesteld tijdens een van de shows.



Dit boek is geschikt voor nieuwsgierige kinderen vanaf 10 jaar

