

# Kans op chocoladetaart



Sylvia Wenmackers

# Kans op chocolade taart

Proeven van wetenschap

Sterck & De Vreese

© 2019 Sylvia Wenmackers | Sterck & De Vreese

Omslagontwerp Mijke Wondergem

Omslagbeeld Inga Knölke

Boekverzorging Elgraphic

ISBN 978 90 5615 535 3

NUR 738

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, 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 Uitgeverij Sterck & De Vreese, postbus 234, 8400 AE Gorredijk, Nederland – info@sterckendevreese.nl.

Sterck & De Vreese is onderdeel van  
20 Leafdesdichten en in liet fan wanhoop bv

[www.sterckendevreese.nl](http://www.sterckendevreese.nl)

[www.sylviawenmackers.be](http://www.sylviawenmackers.be)

# Inhoud

<b>Voorwoord</b>	9
<b>1. Kunst en wetenschap</b>	11
Kijkt u eens	11
Begrijpend tekenen	14
Tapijt van Sierpiński	15
Topwetenschappers zijn kunstzinniger	18
Kunst met kleuren die niet bestaan	21
<b>2. Mens en kosmos</b>	23
Ademtocht	23
1 000 000 000 000 km op de teller	25
Stofkonijnen	27
Tellen tot oneindig	29
Infinitesimaal	31
Kinderen van de kosmos	33
Niet-gelovig en diepreligieus	47
<b>3. De wereld in kleur</b>	50
Kijkhoek	50
Zwemmen tussen regenbogen	52
Een wolk van een babyoog	54
De fysica van hemelsblauwe ogen	57
Keukenfysica	63
Hoe een fysicus tv kijkt	66
Middeleeuwse regenboog	68
Groene avondlucht	70
<b>4. Schaduwen</b>	74
Tekenen met water	74
Stralend blauwe hemel	76

Donkere kamer	78
Punthoofd	79
Relativiteit van angst	82
Windmolenillusie	84
<b>5. Fysica zijn</b>	87
Studiekeuze	87
Rolmodel	92
Witte raven bij de kapper	94
Blinde vlek	95
Selectievertekening	97
Van <i>puella docta</i> tot professor	99
Zwangere fysica	102
Prenatale les voor wetenschappers	104
<b>6. Didactiek van wiskunde en wetenschap</b>	110
Tweede kans voor wiskunde	110
1, 1, 1, 2, 3, 5, 9, 18, 35, 75, ...	114
Resonantie	116
Kinderspel	118
Puberen met pseudowetenschap	120
Heldhaftig schommelen	123
Denken met je handen	125
<b>7. Kansrekening en andere wiskunde</b>	127
Kansrekening	127
Wet van de waterkans	128
Kans op chocoladetaart	130
Geen omgekeerde verzekering	132
Een statisticus, een cryptograaf en een filosoof	133
Bierviltje met Caesars laatste adem	135
Is wiskunde een taal?	138
Menselijke reflex	140
Liever niet met een lama naar huis	142
<b>8. Fysica is overal</b>	145
Kwantumkoffie	145
Bitterzoete wetenschap	148
De magie van de platenspeler	152
Bliksemsnel gepoft	158

Wat een toestand!	160
Grenzeloos traag glas	162
Een juweel van een chip	164
<b>9. Tijd</b>	
Horrorverhaal in slow motion	167
Alle tijd van de wereld	169
Atoomklokken hebben hun beste tijd gehad	171
Bestaat het heden?	178
Gaan wij naar de toekomst of komt de toekomst naar ons toe?	180
Lus in de tijd	182
Is nu ook straks nog nu?	184
<b>10. Hoofdzaken</b>	187
Een Limburgse superkracht	187
Dus ik pas in mijn koffer	189
Kousbroekjes	191
Zonder samenleving, geen dief	194
Gezichtengalerij	196
Mag je nog geloven in Germaanse goden?	198
Mijn wens voor de filosofie	200
Ballonnen boven de filosofische freesmachine	202
<b>Verantwoording</b>	207





## Voorwoord

Iets nieuws leren is het fijnste dat er is. Als jij dat ook vindt, dan vind je in deze bundeling vast iets naar je gading. Dit boek is een bundeling van columns en andere teksten die ik schreef voor nieuwsgierige mensen in de periode van juni 2011 tot augustus 2019. De teksten zijn thematisch gebundeld in hoofdstukken. Het nadeel aan die keuze is dat je de levensloop van mijn twee huisgenoten daardoor niet in chronologische volgorde ziet. Daarom vertel ik je hier alvast dat ik een vriend had die intussen mijn man is geworden, en dat ik eerst zwanger was, daarna een baby kreeg, die een peuter en kleuter werd en nu op de lagere school zit.

Net als de meeste onderzoekers aan de universiteit schrijf ik over mijn werk hoofdzakelijk in het Engels: in internationale vaktijdschriften en academische boeken. Voor familieleden en vrienden, maar ook voor leerkrachten, journalisten, beleidsmakers, managers en directeuren, artsen en betrokken burgers is het niet vanzelfsprekend om in de uitgebreide academische literatuur te ontdekken welke nieuwe inzichten relevant zijn voor hun eigen activiteiten. Voorbij de taalbarrière is er nog een moeras van veronderstelde voorkennis en de tweekoppige draak van jargon en conventie.

Het helpt als onderzoekers de vertaalslag maken – vaak switchen ze daarbij ook van het Engels naar het Nederlands en schakelen ze om naar een ander register, waarbij wat onoverkomelijk moeilijk leek ook in eenvoudiger woorden uitgelegd blijkt te kunnen worden. Veel collega's doen dat succesvol en ik bewonder degenen die erin slagen om zich zelfs tot een specifieke doelgroep te richten en zo hun boodschap des te effectiever over te dragen. In de beperking toont zich de meester.

Zelfricht ik mij niet specifiek tot een van de genoemde beroeps categorieën. Ik schrijf zoekend en volg daarbij vooral mijn eigen interesses, die meanderen door mijn leven en onderzoek. Ik groeide op aan de Maas en net als die rivier laat mijn nieuwsgierigheid zich moeilijk indijken. In de

zomer lijkt het soms of de stroom getemd is en er voor eens en voor altijd een vaste bedding is gevonden, maar in de winter treden mijn interesses weer uit hun oevers om nieuwe landschappen en oude uiterwaarden te bezoeken. Lang dacht ik dat ik geen niche had, maar intussen weet ik beter: bij de mensen die nieuwsgierig zijn naar alles, daar voel ik me thuis. In dat ongebreidelde zoeken toont zich de eeuwige leerling.

Veel mensen hebben me op een directe of indirecte manier geholpen op weg naar dit boek. In de eerste plaats dank ik mijn ouders. Mijn moeder begon met voorlezen toen ik een baby was, wat me een taalvoorsprong heeft opgeleverd en een levenslange liefde voor verhalen. Mijn vader zorgde voor een rijkgevulde boekenkast. Hij zei vaak *'it's all in the books'*; hoewel ik dat niet langer geloof, zijn er slechtere motto's om mee op te groeien. Ook denk ik met dankbaarheid terug aan de vele motiverende leerkrachten die op mijn pad kwamen. Vervolgens dank ik de medewerkers van *Eos magazine*. Zij boden me carte blanche voor een maandelijks column: een vaste schrijfpoddracht die ik gekoesterd heb en waarzonder dit boek er niet was gekomen. Daarom dank ik Reinout Verbeke, die me in 2011 uitnodigde om blogberichten te schrijven voor [weetlogs.scilogs.be](http://weetlogs.scilogs.be), de toenmalige groepsblog van *Eos*. Verder dank ik hoofdredacteur Raf Scheers en de redacteuren die mijn columns nauwgezet nakeken, in chronologische volgorde: Liesbeth Gijssels, Arno De Wispelaere, Els Verweire, Frederic Eelbode en Peter Vanwijnsberghe. Tot slot dank ik mijn man en onze zoon van zes voor de inspiratie en de vele schrijfuurtjes die ik uit ons gezinsbudget heb mogen stelen.

# 1

## Kunst en wetenschap

*“Elke wetenschap begint als filosofie en eindigt als kunst; het ontstaat als hypothese en vloeit over naar verwezenlijking.”*

– Will Durant (1926)

*“Een potlood is één van de beste ogen.”*

– Samuel Hubbard Scudder (1874)

*“Zoals gewoonlijk moet ik wrang lachen als ik hoor dat mensen proberen om kunst van wetenschap te onderscheiden. Het universum is beide, mensen. Je kunt proberen om ze uit elkaar te trekken, maar dat gaat niet, omdat het kunstige van het universum voor altijd verweven is met hoe het werkt. Ze zijn elkaars brandstof. De wetenschap is de reden waarom de kunst mooi is en de kunst is één van de redenen waarom we de wetenschap nastreven.”*

– Phil Plait (2014)

### Kijkt u eens

*Over inzien wat je niet weet*

Vanuit de trein kijk ik naar de lucht, die blauw kleurt door verstrooiing van het zonlicht, en in de verte zie ik een krokodilvormige wolk. Alles wat we menen te zien, wordt beïnvloed door wat we weten.

Toen ik assistent in opleiding werd in de fysica, schreef ik me in voor avondlessen tekenen aan de kunstacademie. Overdag werkte ik met microscoopbeelden, maar 's avonds leerde ik echt kijken. Vanuit mijn dub-

belleven ontdekte ik een opmerkelijke parallelle tussen de processen die zich voltrokken aan beide academies.

Overdag leerde ik eerstejaars hoe ze vraagstukken uit de klassieke mechanica konden oplossen. We maakten berekeningen over katrollen, massa's op hellingen en weegschalen in liften. 's Avonds schetste ik gipsen afgietsels van klassieke beelden. In beide gevallen is er sprake van oefeningen aan de hand van een achterhaald paradigma. We weten dat de werkelijkheid niet klassiek newtoniaans is, al blijft het voor vele toepassingen een prima benadering. Net zo zijn de standaarden van schoonheid inmiddels gekanteld, al blijven we stiekem dromen van een renaissance.

Oefening baart kunst, maar er zijn ook periodes van stagnatie. Kennis biedt uitzicht op nieuwe mogelijkheden, maar er kan ook een beklemmende faalangst binnensluipen. Kan ik dit wel? Mijn hand bleef haken in het lagrange punt tussen de leegte van het blad en de volheid van mijn hoofd.

Tot de vroege werken van schilder Pablo Picasso behoren academische schetsen en realistische portretten. Hij was dus klassiek geschoold voor hij zijn kubisme ontwikkelde. De Duitse fysicus Max Planck was een klassiek fysicus voor hij tegen wil en dank grondlegger werd van de kwantummechanica. Echte vernieuwing komt zelden van buitenstaanders. Het vergt mensen die het systeem van binnenuit kennen en er feilloos de zwakheden van aanvoelen. Waar het op aankomt is dat ze een alternatief vermoeden waar anderen alleen obstakels en voldongen feiten zien.

In de wiskunde is een vermoeden een stelling waarvan algemeen wordt aangenomen dat ze waar is, maar waarvan nog niemand dat daadwerkelijk heeft kunnen bewijzen. Een vermoeden is een beeld dat nog in het marmer zit. Een vermoeden alleen is dus niet voldoende, maar wel een noodzakelijke voorwaarde om iets nieuws te creëren. De bandeloze fantasie van een kind volstaat niet om in een ruw blok gesteente het afgewerkte beeld te zien of om een volstrekt originele hypothese te bedenken. Dit vereist een ander soort intuïtie, die enkel met ervaring komt. Kunst en wetenschap hebben elk hun methodes om tot vernieuwing te komen en die zijn in geen van beide gevallen te herleiden tot een algoritme.

Er zijn anekdotes over belangrijke vermoedens die opdoemden tijdens wandelingen, douches en dromen. Het toeval speelt een rol in veel van die verhalen, maar – zoals Pasteur al stelde – het toevallige inzicht treft alleen

de geest die erop voorbereid is. Dus als je niet duivels hard werkt tussen al dat wandelen, douchen en dromen door, dan zal je deze eureka-momenten evenmin beleven.

De mogelijkheden van een klomp klei. Het patroon achter de feiten. Zulke vermoedens geven gedachten hun ontsnappingsnelheid, waardoor ze het Lagrange-punt tussen willen en niet durven ongemerkt passeren. Zodra het meesterwerk af is, vraagt niemand hoeveel mislukte schetsen er op de vloer van het atelier vielen. Zodra de sluitsteen van een theorie wordt gepresenteerd, wordt het bovenhalen van eerdere stenen afgedaan als het werk van dwergen. Zo vertekenen kunstenaars en wetenschappers hun eigen geschiedenis.

Wat jonge mensen telkens opnieuw moeten ontdekken is de zegen van het proberen, het mogen falen. De cyclus van *trial-and-error* is de motor die beide academies draaiende houdt. Oefenzittingen en uren atelier leiden tot variaties op thema's: de resultaten zijn zelden geslaagd. Een doorbraak is slechts weggelegd voor degenen die de waardevolle afwijking herkennen tussen alle misbaksels. Hoorcolleges en lessen kunstgeschiedenis lijken vruchteloos, aangezien ze de deelnemers niet aanzetten om zelf iets te produceren. Toch zijn deze uren van onschatbare waarde als slijpsteen voor onze gave des ondersheids.

Op dit punt van mijn reis komt de railcatering langs en bestel ik een koffie. "Kijkt u eens," zegt de jongen, die me mijn beker aanreikt. In Vlaamse oren kan dit alternatief voor 'alstublieft' – een letterlijke vertaling van het Franse '*voici*'? – vreemd klinken. Maar jaren training doen me automatisch gehoorzamen. Ik kijk en zie hoe de witte rand van de koffiebeker zich aan mij toont als een ellips. Zou ik dit net zo hebben gezien zonder al die uren perspectieftekenen of wiskundelessen over kegelsneden? "Twee euro." Verstrooid kijk ik op. "U moet uw koffie nog betalen: twee euro." Natuurlijk. Ik vind in mijn portemonnee een Italiaans muntstuk met Leonardo da Vinci's Vetruviusman erop. "Kijkt u eens," zeg ik stralend, maar hij ziet het niet.

"Kijkt u eens": die uitspraak zul je vast nog vaak te horen krijgen. Het staat je vrij de uitnodiging letterlijk te nemen. De oude wereld is er al, wij moeten haar alleen nog leren zien, op zoek naar nieuwe vermoedens.

## Begrijpend tekenen

*Om te leren tekenen moet je eerst leren kijken*

Om iets herkenbaar te tekenen moet je je onderwerp op een andere manier begrijpen dan wanneer je het in woorden omschrijft. Terwijl onbegrip nog te verstoppen is achter vage termen, vereist een schets meer duidelijkheid. Hoe zit het in elkaar? Welke onderdelen zijn hoofdzaak voor het functioneren; welke zijn bijzaak? Die denkpatronen zijn zeer nuttig voor de wetenschappelijke ontplooiing.

Naarmate hun schoolcarrière vordert, moeten jongeren steeds minder tekenen. Desondanks is tekenen niet louter kinderspel, maar een activiteit die ons op elke leeftijd nieuwe inzichten kan verschaffen. Door concrete voorwerpen te tekenen leer je aandachtig te kijken, zoekend, waardoor je meer begrijpt van wat je ziet. Gaandeweg bots je ook op je eigen beperkingen bij de visuele waarneming. Het tekenen van abstracte begrippen vereist dan weer dat je verbanden tóónt in plaats van ze te verwoorden.

Zelfs een 'mislukte' tekening kan inzicht bieden in de misconcepties die eraan ten grondslag liggen. Ongeoefende tekenaars neigen naar systematische fouten. Fietswielen en ogen worden bijvoorbeeld te ver van elkaar weergegeven. In de fysica leidt het tekenen van een katrol tot meer diverse resultaten. Voor je er een schematische tekening van kunt maken, moet je eerst begrijpen hoe een katrol werkt: welk deel vastzit, welk deel kan draaien en dat het touw gespannen staat als er gewichten aan hangen. Zodra je één katrol correct kunt tekenen, heb je weinig moeite met een combinatie van soortgelijke componenten. En die verdeel-en-heersaanpak ligt aan de basis van heel wat oplossingsstrategieën uit de wis- en natuurkunde.

Waarom wordt er in de latere schooljaren dan zo weinig aandacht besteed aan 'begrijpend tekenen'? In de biologieles hoeven studenten bij het obligate schema van een wandelende tak alleen maar de namen van de lichaamsdelen aan te vullen. Sommige docenten fysica laten hun leerlingen nog de practicumopstelling schetsen op het verslag, maar de verplichte grafiek wordt steeds vaker met een computerprogramma geproduceerd. Het frustrerende werk met potlood op millimeterpapier behoort zo bijna tot de folklore.

Toegegeven, het is niet eenvoudig om iemands inzicht te beoordelen aan de hand van een tekening. Er is een grote variatie in motoriek en het is moeilijk om een cijfer te geven voor verbindingen als er elementen ontbreken. Anderzijds gelden die moeilijkheden ook voor de nochtans populaire toetsvorm met schriftelijke open vragen: de taalbeheersing varieert en leerlingen kunnen onverwachte fouten maken waarop de verbeter sleutel niet is voorzien. Bovendien staat het feit dat een vaardigheid moeilijk getoetst kan worden los van het nut van het verwerven ervan. En dat tekenen van nut is voor de wetenschap, daar levert haar geschiedenis het beste bewijs van.

Het is in die context moeilijk om Leonardo da Vinci onvermeld te laten, aangezien zowel tekeningen als wetenschappelijke studies tot zijn oeuvre behoren. Daardoor kan de indruk ontstaan dat die combinatie slechts voor uitzonderlijk getalenteerde mensen is weggelegd. In de loop van de geschiedenis waren echter vele wetenschappers genoodzaakt om hun waarnemingen zo nauwkeurig mogelijk te tekenen. Dat geldt bijvoorbeeld in de anatomie en de biologie. Ernst Haeckel maakte prachtige tekeningen van zeeanemonen, kolibries en menselijke embryo's. Hij was dierkundige en filosoof en populariseerde het werk van Darwin in Duitsland.

Bij ons thuis krabbelt de peuter. Kopvoeters zijn er op zijn leeftijd nog niet bij. Terwijl we na een drukke dag naar de tekenfilms van *Masha en de Beer* kijken, bedenk ik hoeveel fysicakennis er vereist is om die reeks te maken. De vacht van de beer beweegt mee met elke stap en ook het spel van licht en schaduw op de berenpels lijkt levensecht. Zo brengt computeranimatie een doorgedreven vorm van begrijpend tekenen in onze huiskamer: meesterlijk uitgevoerd en daardoor haast onzichtbaar.

## **Tapijt van Sierpiński**

*Over wetenschap en kunst – en chaos*

Tijdens academiejaar 2016-2017 liep er een pilotproject waarbij studenten van de Leuvense kunstacademie SLAC gekoppeld werden aan onderzoekers van de KU Leuven. Het project PiLoT<sub>1</sub> werd vanuit de universiteit ondersteund door een STEM-coördinator. Het acroniem STEM is gebaseerd