



# Tijd

10 feiten die je  
zou moeten kennen

*Een reis door het grootste mysterie  
van ons heelal*

Colin Stuart

NOORDBOEK



# Inhoud

Voorwoord	7
1. De aarde is een beroerde tijdwaarnemer	11
2. Versteende tijd	21
3. Telescopen zijn tijdachines	31
4. De pijl van de tijd	41
5. Ruimte en tijd zijn minder verschillend dan ze lijken	51
6. Tijdreizigers bestaan	61
7. Je voeten zijn jonger dan je hoofd	71
8. Tijd kan (misschien) worden stilgezet	81
9. Kun je Hitler vermoorden?	89
10. Bestaat de tijd wel?	99
Epiloog: een tijdreisexperiment	108
Dankwoord	110
Over de auteur	112



## Voorwoord

We doen hem om onze pols en hangen hem aan de muur. We markeren het verstrijken ervan met kaarsjes en vuurwerk, en hij tekent ons gezicht met lijnen en rimpels. Hij kan worden verspild en gedood. Besteed en bespaard. Bijgehouden en verloren.

We zijn zo geobsedeerd door tijd dat dit in het Engels het meest gebruikte zelfstandig naamwoord is. De tijd zal het leren, staat niet stil, heelt alle wonden en vliegt voorbij als we het naar onze zin hebben. Vaak zouden we er meer van willen hebben. Maar hoe vaak denk je na over de tijd zelf? Kun je tijd aan iemand anders uitleggen? Als je dit probeert, lijkt het of je water in je handen probeert vast te houden. Het glipt gewoon tussen je vingers door.

De Romeinse filosoof Augustinus van Hippo, ook wel Sint-Augustinus genoemd, sloeg de spijker op zijn kop: ‘Wat is tijd? Als het me niet gevraagd wordt, weet ik het; als ik het wil uitleggen, weet ik het niet.’

Dit boek is mijn poging om tijd vanuit natuurkundig perspectief uit te leggen. Zoals we zullen zien, is tijd een van de hardnekkigste mysteries, niet alleen van de wetenschap, maar ook van de hele menselijke belevingswereld. We gaan

op verkenningstocht en beginnen onze reis duizenden jaren geleden, toen de mens voor het eerst de tijd ging bijhouden. Uiteindelijk dringen we door tot de frontlinie van modern natuurkundig onderzoek. We zien hoe tijd kan worden vertraagd, versneld en misschien zelfs stilgezet. Je komt erachter hoe je terug kunt reizen in de tijd om jezelf in het verleden te ontmoeten en je verneemt dat tijd misschien niet eens bestaat.

De beroemde natuurkundige Richard Feynman vergeleek het ontrafelen van de wetten der natuurkunde eens met een schaakpartij, waarbij je niet alle stukken tegelijk ziet en niemand je de regels heeft verteld. Die moet je zelf uitvinden door een combinatie van ervaring, experimenten en af en toe een blik op het schaakbord. De mensheid bestaat al duizenden jaren, maar tot een paar eeuwen geleden gebruikten we maar een klein hoekje van het schaakbord en zagen we maar een heel beperkt aantal zetten. Hierdoor zijn we op een bepaalde manier over tijd gaan nadenken en die ideeën zijn stevig in ons denken verankerd geraakt. Maar ze kloppen niet. Natuurkundigen hebben onomstotelijk bewezen dat tijd anders werkt dan je denkt.

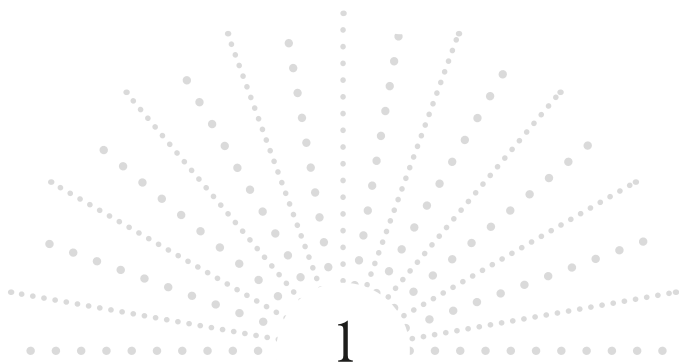
Denk eens terug aan onze verre voorouders. Die verlieten hun woonplaats zelden, en hun land praktisch nooit. Als je je buiten de grenzen van je dagelijks bestaan begeeft, besef je dat de wereld meer te bieden heeft dan je dacht. Je maakt kennis met culturen, talen en ideeën waar je nooit bij had stilgestaan. Vergezichten openen zich. Maar wat tijd

betreft komt bijna niemand buiten zijn mentale dorpje. De ongelooflijke ontwikkelingen in de natuurkunde van pakweg de laatste eeuw – sinds Albert Einstein de wereld zijn relativiteitstheorieën schonk – geven een vollediger beeld van het begrip tijd, dat veel mensen niet kennen.

Toen ik als tiener over deze ideeën las, veranderde dat mijn leven. Ik móest hier meer van weten en wist dat ik natuurkunde zou gaan studeren. Ik besepte dat het vak veel rijker was dan de saaie schakelingen en hefboomen waar we op school over leerden. Afgelopen twaalf jaar heb ik over tijd en ruimte verteld en geschreven, omdat ik anderen datzelfde gevoel van openbaring wilde schenken. Ik heb monden zien openvallen, maar ik heb ook gezien hoeveel moeite het mensen kost om hun ideeën over tijd op te geven. Een eerste kennismaking met deze ideeën lijkt een beetje op intensieve massage: het lijkt eerst onprettig, maar is uiteindelijk de moeite waard. Vergeet wat je over tijd denkt te weten en misschien word je wel net zo verliefd op de natuurkunde als ik.







De aarde is een  
beroerde tijdwaarnemer



De Amerikaanse zwemmer Nathan Adrian hoort door het water heen het gejuich van de toeschouwers. Hij doet wat hij kan om als eerste de andere kant van het bad te bereiken. Naast hem zwemt de favoriet, de Australiër James Magnussen, bijgenaamd de ‘raket’. Het is een nek-aan-nekrace en ze lijken tegelijk aan te tikken, maar Adrian blijkt met 0,01 seconde verschil te hebben gewonnen.

Deze spectaculaire afloop van de 100 meter vrije slag bij de Olympische Spelen van 2012 illustreert dat we tijd steeds vaker in minuscule hoeveelheden opdelen. De kleinste fractie van een seconde kan het verschil tussen goud en zilver betekenen, en kan ook een fortuin opleveren. In 2009 werd er voor 180 miljoen dollar een 1300 kilometer lange ondergrondse kabel aangelegd tussen de effectenbeurzen van Chicago en New York. Daardoor duurde het 0,000004 seconde korter om beursinformatie tussen de steden heen en weer te sturen. Dat minieme verschil zorgde voor 18 miljard dollar meer winst per jaar. Op de beurs is tijd letterlijk geld.

Toen onze voorouders voor het eerst het verstrijken van de tijd in behapbare stukken gingen verdelen, hadden ze een dergelijke fijne onderverdeling niet nodig. De eerste grote wijzer van een klok was er pas in 1680 en de secondewijzer

volgde tien jaar later. Hun tijdrekening was gebaseerd op de hemel. Ze noemden de tijd tussen twee zonsopgangen een dag, en verdeelden die in uren, minuten en seconden (die laatste twee heetten oorspronkelijk ‘eerste minuten’ en ‘tweede minuten’, en ‘tweede’ is in het Latijn *secundus*). Dagen werden in groepen van zeven samengenomen, de weken; elke dag heette naar een hemellichaam (zaterdag naar Saturnus, ZONdag, MAANdag etc.).<sup>1</sup> Een maand is hoe lang de maan erover doet om al zijn fasen te doorlopen. Het patroon van de seizoenen herhaalt zich na 365 dagen (een jaar), wat, zoals we nu weten, komt doordat de aarde er zo lang over doet om zijn baan rond de zon te voltooien. Op je verjaardag vier je dus dat je weer een ronde van een miljard kilometer om onze dichtstbijzijnde ster hebt afgelegd.

Dit oude systeem houdt geen stand onder het gewicht van ons moderne digitale tijdperk, vooral omdat onze planeet een beroerde tijdwaarnemer is. De kern van het probleem is de variatie in de rotatiesnelheid van de aarde. De dag duurt 24 uur omdat de aarde in die tijd om zijn as draait. De aarde draait echter niet altijd precies even snel.

---

1 De andere dagen zijn in het Nederlands net als in het Engels naar Noorse of Germaanse goden genoemd.

In Romaanse talen zoals het Frans zijn de planeten wel te herkennen:

dinsdag = *mardi* (Mars)

woensdag = *mercredi* (Mercurius)

donderdag = *jeudi* (Jupiter)

vrijdag = *vendredi* (Venus)

In 2011 was er in de Stille Oceaan een aardbeving met een magnitude van 9,1. Deze veroorzaakte een enorme vloedgolf van 40 meter hoog die een groot deel van Japan trof, waarbij meer dan tienduizend mensen omkwamen. Ruim honderdduizend gebouwen werden verwoest. Bij de kerncentrale van Fukushima vond in drie reactoren een meltdown plaats; het was de ernstigste nucleaire ramp sinds Tsjernobyl. De beving was zo krachtig dat het hele eiland Honshu (het grootste van Japan) meer dan 2 meter werd verplaatst. En de dag werd ingekort. De kracht van de aardbeving deed de aarde sneller draaien, zodat er 1,8 miljoenste van een seconde van de dag werd afgesnoept. Aardbevingen in Chili in 2010 en op Sumatra in 2004 hadden een vergelijkbaar effect.

Ook de maan verstoort de tijdwaarneming van de aarde. Aan de kant van onze planeet die het dichtst bij de maan is, trekt onze buurman het water omhoog. Aan die kant van de aarde is het dan overal hoogwater. De maan doet z'n uiterste best om deze watermassa op zijn plek te houden, maar de aarde draait eronder door. Als je het eb ziet worden, zou je zweren dat de zee zich terugtrekt van het land af. In werkelijkheid voert de draaiing van de aarde jou en de kustlijn weg van het water. De aarde verliest echter iets van zijn rotatiesnelheid terwijl hij onder de watermassa door draait, waardoor elke dag een beetje langer wordt. Langzaam maar zeker wordt de dag elke eeuw 0,0017 seconden langer. Dat lijkt niet veel, maar op den duur wordt het merkbaar. Je zou

het misschien niet geloven, maar 430 miljoen jaar geleden duurde een dag nog geen 21 uur en ging de zon per jaar niet 365 maar 420 keer op. Dit is niet zomaar een gok: fossiel koraal bevestigt dit cijfer. Koraal is gemaakt van calcium-carbonaat, dat bij de groei van het organisme elke dag een lijn vormt. Koraal groeit meer in het droge dan in het natte seizoen, zodat de lijnen een patroon vormen dat zich elk jaar herhaalt. Een brok fossiel koraal bevat 420 lijnen, wat overeenkomt met een jaar van 420 dagen.

Dat de aarde zo'n onnauwkeurige klok is, heeft ingrijpende gevolgen voor de definitie van de seconde. Er zitten 86.400 seconden in 24 uur en een seconde werd vroeger dus simpelweg vastgesteld op één 86.400ste deel van een dag. Maar als een dag niet altijd even lang is, geldt dat ook voor een seconde. Hoe kan vandaag een seconde korter of langer zijn dan gisteren? Hoe belangrijker computers werden, hoe essentiëler het werd dat ze allemaal hetzelfde tijdsysteem hanteerden. We moesten de seconde standaardiseren. In 1956 definieerden wetenschappers de seconde als deel van een jaar in plaats van een dag, omdat de rotatie van de aarde om de zon betrouwbaarder is dan de draaiing om zijn as. De seconde werd gelijk aan één 31.556.925,9747ste deel van een jaar. Echter niet zomaar een jaar, maar specifiek het jaar 1900. Ook de lengte van een jaar varieert namelijk een beetje, dus moesten ze er een kiezen. Deze verandering bleek tijdelijk. Elf jaar later, in 1967, stopten we helemaal

met het gebruik van de aarde als uurwerk. Tegenwoordig wordt de seconde gedefinieerd op basis van de bouwstenen van het heelal: atomen.

Atomen zijn heel klein. Er zitten meer atomen in een theelepeltje water dan er theelepels water in de Atlantische Oceaan zitten. De simpelste manier om je een atoom voor te stellen is als miniatuur van het zonnestelsel. In het midden zit de kern, die de rol van de zon speelt. Daaromheen zoeven elektronen, als een soort planeten. Deze deeltjes zitten in specifieke schillen, elk met een eigen energieniveau. Deze zijn soms nog onder te verdelen in verschillende lagen, de fijnstructuur en de hyperfijnstructuur. Het laagste energieniveau, dat bij de binnenste schil hoort, wordt de grondtoestand genoemd. Als een elektron in een lager energieniveau terechtkomt, komt de daarbij verloren energie vrij in de vorm van straling.

Met behulp van dit alles komen we tot de moderne definitie van een seconde, zoals in 1967 overeengekomen door het Internationaal Comité voor Maten en Gewichten bij zijn dertiende officiële bijeenkomst.

Hou je vast: ‘De seconde is de duur van 9.192.631.770 perioden van de straling die overeenkomt met de overgang tussen de twee hyperfijne niveaus van de grondtoestand van het cesium-133-atoom.’<sup>2</sup> De formulering werd in 2019 een beetje bijgesteld, maar de details zijn nog hetzelfde.

---

2 <https://www.bipm.org/metrology/time-frequency/units.html>  
(geraadpleegd op 2-10-2020)

Dit alles speelde zich achter de schermen af en de meeste mensen waren zich nergens van bewust. Maar soms steekt het de kop op in de vorm van iets waar je misschien van hebt gehoord: schrikkeelseconden. Die zijn nodig omdat we nu eigenlijk twee tijdsystemen hebben: atoomtijd en zonnentijd. Atoomklokken op basis van cesium kunnen een paar 100 miljoen jaar tikken zonder een seconde te verliezen, zodat de twee systemen door de slordigheid van de aarde geleidelijk uit elkaar gaan lopen. Daarom moeten we af en toe een kalenderjaar een seconde langer laten duren om de systemen te laten kloppen. De laatste minuut van de jaren 2005, 2008 en 2016 duurde 61 seconden. Op het moment van schrijven zijn er 27 schrikkeelseconden toegevoegd sinds de eerste keer in 1972. Dat jaar duurde zelfs 2 seconden langer: zowel in juni als in december werd er een schrikkeelseconde toegevoegd. Als we de twee systemen elk hun eigen gang lieten gaan, zouden we uiteindelijk in de rare situatie terechtkomen dat onze klok zegt dat het middag is, terwijl het in werkelijkheid middernacht is.

Aan schrikkeljaren zijn we al gewend. Het moderne kalenderjaar duurt 365 dagen, maar de aarde draait in gemiddeld 365,2425 dagen om de zon. Als we dat verschil van ongeveer een kwart dag niet zouden goedmaken door elke vier jaar februari een dag langer te laten duren, zouden de seizoenen gaan verschuiven en zouden we op het noordelijk halfrond uiteindelijk winter hebben in juni en zomer



in december. Dit systeem heet de gregoriaanse kalender, naar paus Gregorius XIII, die het in 1582 invoerde. Eerder gebruikten veel Europese landen de juliaanse kalender van Julius Caesar, die geen rekening hield met de extra kwart dagen. Groot-Brittannië stapte in 1751 over op de nieuwe kalender om het verschuiven van de seizoenen tegen te gaan. Na 282 dagen liet men het jaar eindigen en om de tijd met de rest van Europa te synchroniseren en het bestaande verschil teniet te doen, werden er uit het jaar 1752 elf dagen weggesneden. Woensdag 2 september werd gevolgd door donderdag 14 september. Als je daartussenin jarig was, had je pech gehad.