

Inhoud

Inleiding 9

1. Wiskunde om ons heen 15

Welke trein moet ik nemen? 20

Aanbevelingen van Netflix 21

Wiskunde is overal 25

2. Een ver-van-je-bedshow? 29

De wiskunde als één groot verhaal 33

Het nut van schoonheid 35

3. Een leven zonder getallen 43

Op een eiland, ver bij de Pirahã vandaan 45

Zonder te meten! 49

Werken met kleine hoeveelheden 53

Ik weet het niet precies! Grote hoeveelheden en
de hersenen 55

Figuren herkennen, zelfs een kuiken kan het 60

Voegt wiskunde iets toe? 65

4. Wiskunde lang, lang geleden 67

Leuker kunnen we het niet maken 69

Schoolwerk in Mesopotamië 73

Brood, bier en getallen in Egypte 78
De altijd theoretische Grieken 84
De nerds van China 88

5. Het blijft maar veranderen 95

Newton versus Leibniz 99
Steeds kleinere stappen 101
Stappen optellen 106
Veranderlijker kan niet: het weer 109
Integralen en differentiaal in gebouwen, beleidsplannen en
de natuurkunde 111
Iedereen aan de integralen? 116

6. Grip op onzekerheid 119

Spelletjes in de wiskunde 120
Munten verdelen 124
Twee keer Thomas 127
Hoezo spelletjes? Wiskunde uit de praktijk 130
Meer data! 133
Wat John Snow wél wist 135
Nicholas Cage en zwembaden 138
Klopt dat nu echt? Verteken de wereld met statistiek! 141
Voor als je niet iedereen wilt ondervragen 146

7. In gedachten wandelen 151

Eenrichtingsverkeer 154
De grafen van de NS 157
Googles wandelingen door het internet 163
Films bekijken met een graaf 167
Kanker effectiever behandelen dankzij wiskunde 168
Facebook, vriendschappen en kunstmatige intelligentie 170
Grafen op de achtergrond 175

8. Het nut van de wiskunde 179

Foutjes in de wiskunde 180

Is het allemaal toeval? 182

Wiskunde helpt 185

Ook in het dagelijks leven 187

Bibliografie 193

Inleiding

Even terug in de tijd. Ik kijk mijn docent wiskunde glazig aan. Op een digibord staat een reeks formules. Daarnaast is een tekening te zien van een heuvelachtige lijn geraakt door een aantal rechte lijnen. Zoals iedereen die in de bovenbouw van de middelbare school wiskunde doet, heb ik geen andere keus dan te leren hoe die formules en tekeningen werken. Waarom? In mijn geval omdat ik van plan ben om sterrenkunde te gaan studeren. Wat ik op dat moment nog niet weet, is dat ik daar veel te ongeduldig voor ben. Maar stel dat ik het wel had geweten? En dat ik bovendien in het beroep dat ik nu heb bijna nooit iets hoeft uit te rekenen? Dan had ik bij Google deze vraag ingetypt: waar is wiskunde goed voor?

Het eerste resultaat waarmee Google op de proppen komt, is een artikel in *de Volkskrant* over de stelling van Pythagoras en het verdelen van pizza's. Heerlijk concreet, maar het belicht maar een heel klein deel van het nut van de wiskunde. Want zonder wiskunde had ik niet eens naar een antwoord op mijn vraag kunnen zoeken in Google. Of was ik bij een artikel uitgekomen dat nagenoeg niets met mijn vraag te maken had. Een zoekmachine als Google is namelijk alleen maar mogelijk door slim gebruik te maken van wiskunde. En daarmee bedoel ik niet alleen dat computers met enen en nullen werken, maar ook dat de manier waarop Google bepaalt wat een relevant antwoord is op mijn vraag gebaseerd is op een stuk wiskunde. Voordat oprichters Sergey Brin en Larry Page in 1998 die manier bedachten, was het topresultaat voor wie bijvoorbeeld 'Bill Clinton' in de zoekregel tikte, een foto van hem met

de mop van de dag. Wie Yahoo liet zoeken naar ‘Yahoo’ zag de zoeksite zelf niet eens in de top 10 van resultaten verschijnen! Tegenwoordig gebeurt dat niet meer, en dat hebben we te danken aan de wiskunde.

Toch hebben veel mensen vandaag de dag nog dat gevoel dat ik op de middelbare school had. Een schoolbord vol wiskundige formules waar je niet al te veel van snapt en die je nooit terug zult zien in het dagelijks leven. Niet verwonderlijk dat wiskunde voor veel mensen onbegrijpelijk en nutteloos lijkt. Maar het tegenovergestelde is waar: wiskunde speelt wel degelijk een belangrijke rol in onze moderne maatschappij en is, voor wie achter de formules kijkt, ook beter te begrijpen dan we vaak denken. De manier waarop Google informatie voor ons kiest, laat zien hoe wiskunde van invloed is op ons dagelijks leven, zowel in positieve als in negatieve zin. Digitale diensten zoals Google, Facebook en Twitter hebben als bijeffect dat ze al bestaande opvattingen kunnen versterken. Er duikt tegenwoordig constant nepnieuws op, dat maar moeizaam bestreden kan worden. Dat ligt deels aan de manier waarop deze diensten werken. We kunnen daar alleen mee omgaan als we snappen hoe het komt dat juist dit soort internetdiensten onze meningen versterken, en waarom de manier waarop dat gebeurt niet zomaar kan worden veranderd.

In dit boek wil ik laten zien hoe nuttig wiskunde is. In zekere zin is het gericht aan mijn jongere zelf, nu ik die wiskunde beter in de vingers heb. Tegelijkertijd is het gericht aan alle mensen die, net zoals ik vroeger, denken dat wiskundige berekeningen alleen maar lastig zijn en dat het maar goed is dat ze er later niets mee hoeven doen. Sinds ik als filosoof van de wiskunde werk en veel nadenk over hoe wiskunde werkt en over hoe wij wiskunde leren, weet ik dat wiskunde ontzettend relevant is, of je nou voor je beroep dingen moet uitrekenen of niet. Wiskunde gaat over veel meer dan formules, daarom vind je die in dit boek nauwelijks. Ze zijn handig als je iets

specifiek wilt uitrekenen, maar ze leiden vaak af van de gedachten achter de wiskunde.

Om te laten zien dat wiskunde relevanter en begrijpelijker is dan veel mensen denken, bespreek ik in dit boek een aantal deelgebieden van de wiskunde en de ideeën erachter. Sommige stukken wiskunde kennen verrassend veel toepassingen, die iedereen prima kan begrijpen, zeker als we de formules erachter even vergeten. Neem nu de grafentheorie: een zoekmachine zoals Google gebruikt die voor het ordenen van zoekresultaten, maar ze wordt bijvoorbeeld ook gebruikt om te voorspellen hoe een patiënt met kanker zal reageren op een behandeling en om verkeersstromen in een grote stad te bestuderen.

Hetzelfde geldt voor de andere deelgebieden van de moderne wiskunde die in dit boek aan bod komen: de statistiek en de integraal- en differentiaalrekening. De ideeën hierachter zijn vaak onverwacht simpel en ze zijn veel nuttiger dan school je doet vermoeden. De statistiek kom je bijna elke dag tegen: in de vorm van getallen in het nieuws over criminaliteit, economie, politiek en ga zo maar door. Vaak is het bij die getallen niet duidelijk wat je er precies mee moet of waar ze vandaan komen. Niet voor niets werd er honderd jaar geleden al gewaarschuwd voor misleidende statistieken, en die waarschuwing is sindsdien alleen maar belangrijker geworden.

De rol van de differentiaal- en integralen lijkt meer op die van de grafentheorie: ze zijn nuttig omdat ze allerlei toepassingen mogelijk maken zonder dat wij dat merken. Sinds de industriële revolutie zijn ze onder meer gebruikt om de efficiëntie van stoommachines te verbeteren, auto's zelfstandig te laten rijden en wolkenkrabbers te bouwen. Als er een stuk wiskunde is dat de geschiedenis heeft veranderd, dan is het dit wel.

Maar voordat ik uitgebreid inga op de vele moderne toepassingen van de wiskunde, moeten we terug naar het aller-

eerste begin ervan. Daarvoor hoeven we niet te zoeken naar ingewikkelde historische sommen of antieke geleerden, maar duiken we in de geschiedenis van de mens zelf. Ieder mens beschikt bij zijn geboorte over een heel aantal wiskundige vaardigheden, waardoor we ook zonder wiskundeles zouden kunnen overleven. Uit de geschiedenis blijkt dat deze aangeboren vaardigheden tekortschieten zodra mensen in grotere groepen gaan samenwonen. Samenlevingen worden op een gegeven moment simpelweg te groot om te kunnen functioneren zonder wiskunde en daarom wenden we ons tot reken- en meetkunde. Sommige culturen lukt het nog steeds om zonder enige vorm van wiskunde te leven, maar daarbij gaat het altijd om kleine samenlevingen, die bijvoorbeeld geen steden bouwen. De abstractie van de wiskunde is nodig voor zaken als de organisatie van een gemeenschap, voor veiligheid, voor de bouw van huizen en andere gebouwen, voor het reguleren van de voedselvoorziening enzovoort. Wiskunde maakt praktische problemen simpeler en daarmee wordt de wereld om ons heen behapbaarder.

De vraag naar het nut van wiskunde gaat niet alleen over wiskunde in de praktijk, het is in de eerste plaats een filosofische vraag. Daarom begin en eindig ik dit boek met een uitstapje naar de filosofie. Filosofen van de wiskunde, zoals ik, houden zich al eeuwen bezig met de vraag wat wiskunde is en hoe het toepassen van wiskunde werkt – zonder zich al te druk te maken over sommen en formules. Voor een deel zijn dat nog open vragen, al zijn we binnen de filosofie ver genoeg gevorderd om aan te geven hoe het juiste antwoord eruit zal zien.

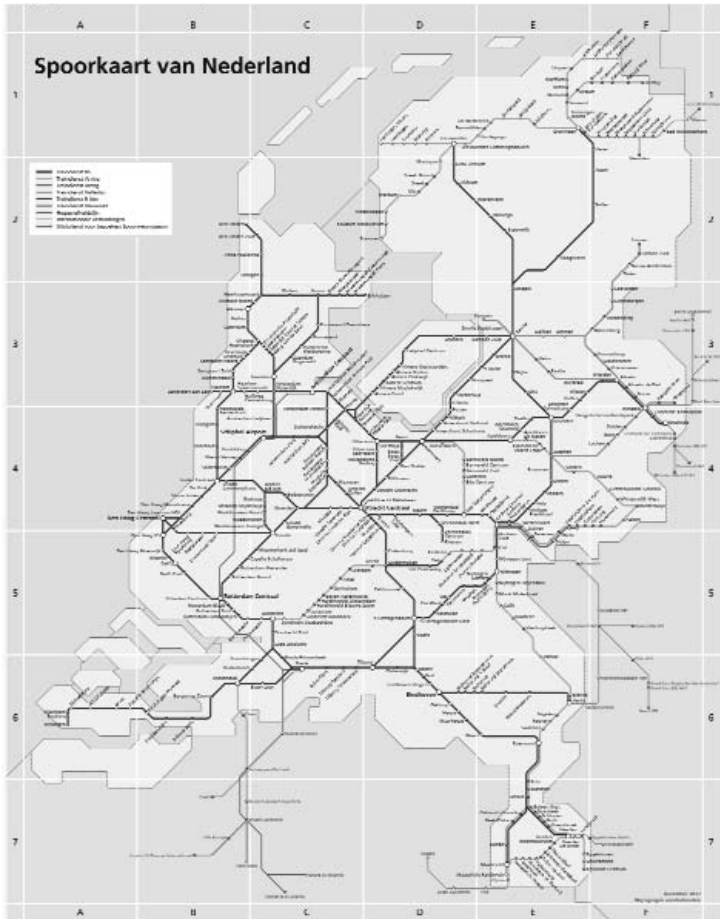
Toch zul je – zoals in de meeste filosofische kwesties – uiteindelijk zelf moeten kiezen hoe je over wiskunde denkt en welk antwoord op die filosofische vragen je het meeste aanspreekt. Je zult ook zelf moeten bepalen of je blij bent met de manier waarop wiskunde tegenwoordig wordt toegepast. We-

gen de voordelen van Facebook bijvoorbeeld op tegen de nadelen ervan? Het antwoord op die vraag laat ik aan jou. Intussen probeer ik uit te leggen welke rol wiskunde heeft in dat soort toepassingen; waarom Facebook de nadelen heeft die we inmiddels allemaal kennen en hoe het kan dat die nadelen niet met een simpele verandering van het wiskundige idee erachter op te lossen zijn.

1. Wiskunde om ons heen

Jaar in, jaar uit ligt er een stuk wiskunde achter een beslissing die voor ons hele land van invloed is. Op basis van het werk van een groep wiskundigen wordt bepaald op welke tijden en op welke plekken er treinen rijden. De NS geeft door aan welke eisen die tijden moeten voldoen; hoe vaak er bijvoorbeeld een intercity moet rijden tussen Schiphol en Nijmegen. Aan de wiskundigen de taak om dat allemaal zo goed mogelijk in elkaar te passen. Het uiteindelijke spoorboekje is op hun wiskunde gebaseerd: het hangt dus van een reeks berekeningen af hoe laat je trein aankomt. Tenminste, zolang er geen herfstblaadjes op de rails liggen of er om een andere reden vertraging is.

Maar dat heeft met die berekeningen in feite niets te maken. Waarom is het goed dat het spoorboekje wordt ingevuld door wiskundigen? De NS heeft rond de 3000 treinen in gebruik die op bijna 400 stations stoppen. Om ongelukken te voorkomen, mogen die treinen niet te dicht bij elkaar in de buurt rijden. Ze kunnen niet tegelijkertijd van hetzelfde perron op een station gebruikmaken, maar reizigers willen ook niet dat een trein telkens voor een station moet wachten tot het perron vrij is. Eenmaal op het perron aangekomen willen die reizigers vervolgens dat hun overstap soepel verloopt, dus dat ze niet hoeven te rennen om hun aansluiting te halen, maar ook niet een halfuur hoeven te wachten omdat ze die elke keer net missen. Dan zijn er ook nog spoorbruggen die soms open moeten, snelle of juist langzame wissels en ga zo maar door. Het is net een puzzel, maar dan wel een waarbij de



De spoorkaart van Nederland, met alle stations en vervoerders.

ene manier om de stukjes in elkaar te passen beter is dan de andere. Je zou het spoorboekje kunnen maken zoals je een puzzel maakt: je legt alle stukjes klaar en je begint met de makkelijke. Vandaaruit bouw je de hele puzzel op.

Stel dat het zo zou gaan. Die groep wiskundigen bouwt in het ns-hoofdkantoor een schaalmodel van het Nederlandse spoornet: een grote treinbaan die er net zo uitziet als op het

kaartje hiernaast. Ze regelen 3000 modeltreinen die met bijpassende snelheden over het minispoor rijden. Een soort Mardurodam, maar dan met 400 stations in plaats van de vier modelstations die in Den Haag te zien zijn. Het spoorboekje kan nu in het echt worden getest. Je ziet het voor je neus gebeuren als twee treinen te dicht op elkaar rijden en daardoor op elkaar botsen.

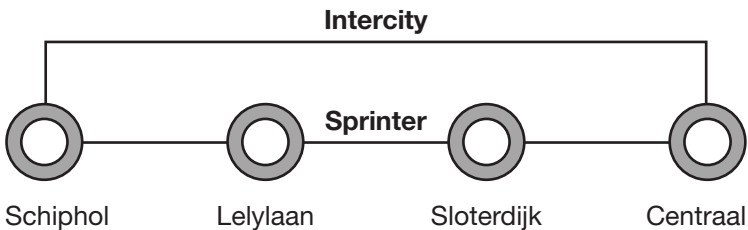
In de praktijk werkt zo'n schaalmodel natuurlijk niet. Er is te weinig ruimte op het NS-kantoor om 400 stations neer te zetten en duizenden treinen tegelijkertijd over het modelspoor te laten rijden. Bovendien gaat er vast van alles mis, waardoor treinen vertragingen oplopen, en die vertragingen zijn niet zo belangrijk voor het spoorboekje. Dat moet natuurlijk wel zo in elkaar gezet zijn dat het spoornetwerk niet volledig ontregelt als er een trein te laat is, maar eigenlijk geeft het de situatie weer waarin alles goed gaat.

Vandaar dat het een groep wiskundigen is die het spoorboekje moet invullen. Door het probleem wiskundig te bekijken kunnen ze al die problemen namelijk negeren. Voorjaarsstormen? Die bestaan niet in de wiskunde. Het wiskundige probleem gaat alleen over de lijnen op de kaart, waar denkbeeldige stipjes overheen rijden. Die stipjes rijden altijd op tijd, komen onderweg niet in een sneeuwbus terecht en hebben nooit last van defecten. Met andere woorden, door het probleem abstracter te maken hoef je met allerlei dingen geen rekening meer te houden en dat maakt het vanzelf makkelijker om een oplossing te vinden. Wiskunde toepassen op het probleem helpt omdat de wiskunde al die onbelangrijke details weglaat. Bij de spoorkaart zie je alleen nog maar stipjes en lijnen, zonder al die praktische dingen waarmee een machinist straks wél rekening zal moeten houden. Hier gaat het maar om twee dingen: de tijden waarop de verschillende treinen op een station aankomen en die waarop ze vertrekken. Als je kunt uitvogelen welke getallen ervoor zorgen dat alles

past, is de puzzel opgelost. Door het probleem als een grote rekensom met treintijden te zien is het makkelijker om de kern voor ogen te houden. Daarin ligt de voornaamste verdienste van de wiskunde.

Om duidelijker te maken hoe dat werkt kunnen we nadenken over een stukje van het spoornet. Er loopt een spoorlijn van Schiphol naar Amsterdam Centraal. Daar rijden treinen over die op beide stations stoppen. In het spoorboekje moeten dus aankomst- en vertrektijden staan voor de treinen die van Schiphol naar Amsterdam Centraal rijden en van Amsterdam Centraal naar Schiphol. Bovendien zijn er twee soorten treinen die dat doen: een sprinter, die ook stopt op Amsterdam Lelylaan en Amsterdam Sloterdijk, en een intercity die deze tussenstations overslaat.

De treinrit tussen Schiphol en Amsterdam Centraal wordt door de wiskundigen, die hiervoor de grafentheorie gebruiken, weergegeven met lijnen voor het spoor en stippen voor de stations. In de figuur hieronder is de sprinter de onderste lijn, die door alle vier de stations loopt. De intercity daarentegen negeert de tussenliggende stations, ook al rijdt die over hetzelfde spoor. Daarom tekenen ze voor de intercity een rechte lijn tussen Schiphol en Amsterdam Centraal.



Sprinter en intercity tussen Schiphol en Amsterdam Centraal.

Zo'n plaatje is veel simpeler dan een modelspoorbaan met vier stations en twee treinen. Het lijkt bovendien op tekeningen waarmee we bekend zijn. De spoorkaart die we daarnet zagen kunnen we zonder moeite begrijpen en ook de gele borden die de NS gebruikt op stations om te laten zien hoe een treinroute loopt hebben een soortgelijke opmaak. Het enige verschil is dat er hier meer lijnen lopen. Er zijn twee treinroutes op hetzelfde traject te zien in het plaatje hiernaast.

Met een aantal getallen erbij is het bovendien mogelijk om met dit plaatje te rekenen. Je kunt aangeven hoelang het duurt om van het ene rondje naar het andere te komen door een getal bij elke lijn te zetten. De intercity doet er bijvoorbeeld 14 minuten over om van Schiphol naar Amsterdam Centraal te rijden. Er komt dus een '14' te staan bij de bovenste lijn. Die getallen zijn het startpunt om de puzzel in te vullen: de tijd waarop de sprinter en de intercity op Amsterdam Centraal aankomen, bijvoorbeeld, kan niet hetzelfde zijn. In dat geval zouden ze op elkaar botsen, omdat ze op hetzelfde moment over hetzelfde stuk spoor moeten. De getallen maken het invullen van het spoorboekje uiteindelijk makkelijker.

Al wil dat niet zeggen dat het hele probleem nu makkelijk is geworden. Met zoveel stations en treinen is de wiskundige berekening veel te lang om met de hand te doen. Er komt een behoorlijke computer aan te pas om een goede oplossing te vinden. Het punt is dat het desondanks een probleem is dat opgelost kan worden binnen een redelijke tijd. Het zou veel te lang duren om een spoorboekje te maken aan de hand van een schaalmodel. Met een computer, en de vertaling naar de wiskunde, is het mogelijk om in afzienbare tijd de nieuwe treintijden vast te leggen. Je kunt op die manier zelfs testen of je de best mogelijke oplossing hebt gevonden. Dat kan nog niet met het plaatje zoals ik het hier heb getekend, maar in

hoofdstuk 7 leg ik meer in detail uit hoe dat werkt bij de NS. Waar het hier om gaat is het idee dat de wiskunde gebruikt wordt in allerlei alledaagse omstandigheden.

Welke trein moet ik nemen?

Dankzij de grafentheorie kan de NS je ook vertellen welke trein je moet nemen om zo snel mogelijk bij je eindbestemming te komen. Die reisadviezen worden tegenwoordig ook door een computer berekend, want dat gaat een stuk sneller dan aan een medewerker vragen om het spoorboekje door te spitten.

Toch is het vaak niet zo moeilijk om zelf te bedenken welke trein je het beste kunt nemen. Voor wie van Utrecht naar Amsterdam wil reizen is het niet bepaald handig om in de trein naar Venlo te stappen. Er zijn vaak helemaal niet zoveel opties die je hoeft af te gaan. Over het algemeen zou je ook prima zelf kunnen bedenken hoe je het handigst kunt reizen. Wat is dan de toegevoegde waarde van de wiskunde bij reisadviezen?

In dit geval maakt de wiskunde een makkelijk probleem niet simpeler, maar zorgt ze er wel voor dat je het sneller kunt oplossen. Een computerprogramma kan, net zoals jij dat kunt, in de dienstregeling kijken naar treinen die de goede kant op rijden. Dat programma maakt gebruik van het wiskundige model voor de dienstregeling. Ook voor een reisadvies maken alleen de aankomst- en vertrektijden uit. Alhoewel, in dit geval wil je ook weten waar er vertragingen zijn, dus zal het plaatje iets actiever bijgehouden moeten worden. Verder kan het hetzelfde blijven.

Zo'n computerprogramma start bij het beginpunt van je reis. De vervolgstappen hangen af van het achterliggende algoritme, maar een van de standaardopties werkt als volgt. Vanaf het beginpunt gaat de computer alle mogelijke kanten

op reizen. Een computer kan niet even snel een blik werpen op de spoorkaart zoals wij dat kunnen. Hij heeft dus geen idee welke kant je op moet reizen om vanuit Utrecht in Amsterdam te komen. De computer probeert niet alleen de eerste stap van de reis naar Hilversum – een rechte lijn zonder tussenliggende stippen – maar ook de eerste stap van de reis naar Venlo wordt bekeken.

Dat gaat maar door, steeds een stap verder. Daarbij let de computer op twee dingen: hoelang elke afzonderlijke reis al duurt en of je al op je bestemming bent aangekomen. Als een van de reizen uitkomt bij Amsterdam, dan is dat een mogelijk reisadvies. De computer weet dan precies hoe je van Utrecht naar Amsterdam kunt komen en hoelang het duurt. Hij kan zelfs verschillende opties voor je vinden.

Reisadviezen op deze manier berekenen is ontzettend makkelijk. Je hoeft alleen maar een computer een reeks optelsommen te laten maken om de reisduur bij te houden. Het is snel en efficiënt, maar ook wat idioot. Het slaat helemaal nergens op om in je hoofd een reis richting Venlo uit te stippelen als je een totaal andere kant op wilt. Wiskunde maakt het probleem wat dat betreft niet makkelijker. Waar ze wel voor zorgt is dat het, met de hier genoemde methode – die in hoofdstuk 7 aan bod komt – sneller opgelost kan worden. Simpelweg omdat je het met wiskunde door een computerprogramma kunt laten doen, terwijl dat zonder wiskunde geen optie is.

Aanbevelingen van Netflix

Je staat op het perron te wachten op een trein die tóch niet rijdt volgens dienstregeling en bladert door de nieuwe films en series op Netflix. Naast elke film staat een groen percentage dat aangeeft hoe goed die film aansluit bij waar jij normaal gesproken naar kijkt. Soms klopt daar helemaal niets van en

valt de film die jij geweldig zou moeten vinden behoorlijk tegen. Maar als je die cijfers voor de verandering eens niet negeert, dan zouden ze een redelijk beeld moeten geven van je smaak in films en series. Dat beeld verandert naarmate je andere dingen gaat kijken en wordt bovendien volledig automatisch bepaald. Ergens is er dus een computerprogramma dat, zonder ook maar enig verstand van films en series te hebben, doorheeft wat wel en wat niet bij jou past.

Netflix doet dit natuurlijk aan de hand van de gegevens die het heeft. Er zijn ontzettend veel mensen die films en series kijken via Netflix en dat wordt allemaal bijgehouden. Netflix weet welke series en films je kijkt. Heel simpel gezegd betekent dit dat Netflix ook weet wat voor soort series en films dat zijn: allemaal documentaires over het maken van spoorboekjes of horrorfilms of nog iets anders. Bovendien weet Netflix voor alles wat er op zijn website staat in welke categorieën het valt. Zet die twee dingen bij elkaar en daar is de aanbeveling. Als je vooral horrorfilms kijkt, wil je vast een horrorfilm zien die je nog niet kent. Zo moeilijk kan dat niet zijn, toch?

Het moeilijke zit deels in wat Netflix nog meer doet. Voor allerlei andere films en series, die in dit voorbeeld niet tellen als horror, geeft het ook een score in de vorm van een percentage. Dat percentage geeft aan in welke mate de film aansluit bij wat je normaal kijkt. Netflix bepaalt dus ook in welke mate een avonturenfilm overeenkomt met een reeks horrorfilms. Als er meer spanning in de avonturenfilm zit, past die bijvoorbeeld beter bij je normale kijkgedrag dan wanneer er nauwelijks iets engs in gebeurt. Dit soort details krijg je vaak als je vrienden om aanbevelingen vraagt. Toch weet Netflix ook dat mee te nemen, al haalt het daarmee nog lang niet het niveau van de tips die een echte filmkenner je zou geven.

Wat het nog moeilijker maakt is dat je misschien alleen een bepaald soort horrorfilms kijkt. Alleen die films waar niet al te veel bloed in voorkomt, bijvoorbeeld. Dan zullen heel bloe-

dige horrorfilms veel minder goed passen als aanbeveling dan een wat spannendere avonturenfilm. Door puur af te gaan op genre krijg je niet altijd de beste aanbevelingen, want waar het echt om draait is de inhoud van de film. Daar snapt een computer nog niets van; eigenlijk zou je mensen moeten inhuren die je per gebruiker laat kijken naar de films en series die deze kijkt, om vervolgens te zeggen wat daar inhoudelijk op lijkt. Met miljoenen gebruikers kan dat natuurlijk niet. De aanbevelingen moeten door een computer gemaakt worden. Dat kan, al moet je wel gebruikmaken van een truc.

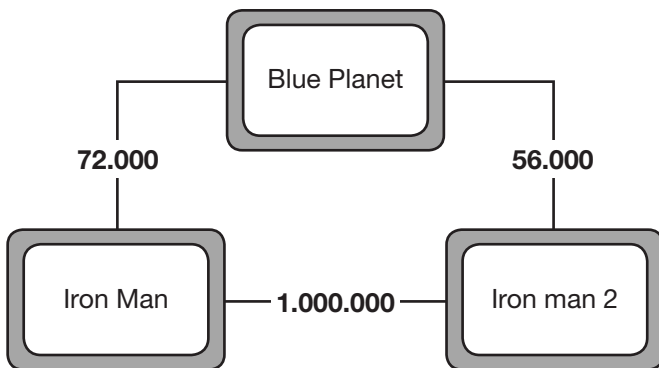
Het idee achter die truc is eigenlijk heel simpel: een goede aanbeveling is er een die lijkt op wat je leuk vindt. Over de hele wereld kijken mensen via Netflix series en films die ze leuk vinden en die dus passen bij series en films die ze eerder gezien hebben. Twee films lijken op elkaar als veel mensen de ene film gaan kijken nadat ze de andere hebben gezien. Als er heel veel mensen zijn die na *Iron Man* ook *Iron Man 2* hebben bekeken, zullen die films vast op elkaar lijken en is *Iron Man 2* dus een goede aanbeveling nadat jij *Iron Man* hebt gezien. Hoe meer mensen gebruikmaken van Netflix, hoe nauwkeuriger de voorspellingen zijn over de films en series uit het aanbod. Het computerprogramma stelt films en series voor die door veel anderen gezien zijn en ongeveer hetzelfde gekeken hebben als jij.

Dit is een oplossing waar een probleem aan vastzit. Netflix heeft miljoenen gebruikers, die ieder behoorlijk wat films en series hebben gekeken. Volgens de truc van Netflix is de oplossing voor aanbevelingen een simpele rekensom: kijk hoeveel mensen die dezelfde films en series hebben gekeken de aanbevolen titel hebben gezien. Het probleem zit in de uitwerking. Ook mensen die hetzelfde hebben gezien als jij, min één film of serie, moet je meetellen. En wat als je niet alleen horrorfilms kijkt maar ook van documentaires houdt? Dan blijven er opeens veel minder mensen over die precies zelf-

de titels gezien hebben. Hoe minder mensen, des te onnauwkeuriger de aanbeveling. In de praktijk wordt het simpele idee al snel een stuk ingewikkelder.

Daarom helpt het om, net zoals Netflix dat in het echt doet, zijn hele aanbod weer te geven in een kaart zoals de spoorkaart van Nederland. Iedere film of serie is een stip, een soort station in de wereld van Netflix. Je kunt van ieder station naar ieder ander station reizen en daarvoor hoef je alleen maar twee verschillende films of series aan te klikken op de website van Netflix.

Om met deze kaart te kunnen rekenen is het ook hier nodig om getallen toe te voegen. In dit geval is dat natuurlijk niet de reistijd tussen stations, maar het aantal mensen dat allebei die twee films of series heeft bekeken. Anders gezegd, hoeveel mensen van het ene station naar het andere zijn gesprongen. Dat ziet er bijvoorbeeld zo uit, waarbij de (verzonnen) cijfers aangeven hoeveel mensen beide films hebben bekeken.



Netflix, beperkt tot drie films.

Bij dit plaatje is het de vraag welke percentages passen bij de films, waarbij zo'n percentage aangeeft hoe goed een film of serie bij jou past. Stel dat je alleen *Iron Man* hebt gezien op Netflix. De computer moet nu voorspellen hoe leuk je *Iron Man 2* en *Blue Planet* zult vinden. Volgens het plaatje hierboven moet *Iron Man 2* een heel hoog percentage krijgen. Een film past ten slotte beter bij je als veel mensen met jouw filmsmaak ook die andere film hebben bekeken. *Blue Planet* daarentegen moet een lage score krijgen, omdat maar weinig mensen én *Blue Planet* én *Iron Man* hebben gekeken. Bovendien zijn er maar weinig mensen die zowel *Iron Man 2* (waarvan de computer denkt dat die bij jou past) als *Blue Planet* hebben gezien. Nog een reden dus om een laag percentage te geven aan *Blue Planet*.

Uiteindelijk gebruikt een computer zijn eigen voorspellingen, bijvoorbeeld over hoe leuk jij *Iron Man 2* zult vinden, om de voorspellingen voor andere films en series te verbeteren. Met slechts drie films is dat goed te overzien, maar probeer het maar eens met duizenden films en series. In principe is het uit te vogelen; met genoeg tijd en ruimte kun je tenslotte ook het spoorboekje van de *ns* in elkaar zetten zonder wiskunde. Dankzij de wiskunde, en met name de grafen die in hoofdstuk 7 aan bod komen, is het niet alleen in principe mogelijk. Het is praktisch haalbaar als je over een behoorlijke computer beschikt. De wiskundige versie van deze puzzel maakt het voor Netflix mogelijk om volledig automatisch te voorspellen of een film of een serie jou zal aanspreken.

Wiskunde is overal

We komen elke dag op allerlei plekken wiskunde tegen. Dat bedoel ik natuurlijk niet letterlijk. Zelfs ik hoef op een doornedag niets te berekenen, hoewel ik voor mijn werk over

wiskunde nadenk. Toch speelt wiskunde een grote rol achter de schermen. Zonder wiskunde was er geen dienstregeling geweest voor 3000 treinen. Netflix zou je op de gok wat films en series kunnen voorstellen, maar komt met veel minder gerichte aanbevelingen. Google had nauwelijks gewerkt. Kortom, diensten waar we elke dag gebruik van maken zijn alleen mogelijk omdat er op de achtergrond wiskunde is gebruikt.

Netflix, Google en het spoorboekje zijn voorbeelden van diensten die afhankelijk zijn van hetzelfde stuk wiskunde, de grafentheorie. Maar niet alleen dat terrein van de wiskunde is van belang. Je telefoon attendeert je bijvoorbeeld op het zoveelste nieuwsartikel waar cijfers in staan. Peilingen voor de verkiezingen, die met een aantal getallen een beeld zeggen te geven van de politieke voorkeur van een heel land, wat moet je daarmee? Ze zitten er zo vaak naast. Denk maar aan de Amerikaanse presidentsverkiezingen in 2016. Volgens de peilingen zou Hillary Clinton winnen. Getallen kunnen dus makkelijk misleiden, zelfs als dat niet de bedoeling was. Er gaat van alles schuil achter zo'n stuk statistiek. Voor wie niet begrijpt wat er mis kan gaan is een gewichtig gepresenteerd cijfer haast nutteloos. Leuk dat de peilingen je iets vertellen, maar hoe kun je die nog vertrouwen als ze er zo naast kunnen zitten?

Je kijkt even op van je telefoon om een espresso te bestellen. Die wordt gemaakt met zo'n groot roestvrijstalen koffiezetapparaat dat het water verhit totdat het precies de juiste temperatuur heeft voor espresso. Als het een luxeapparaat is, gebeurt dat niet zomaar. Het houdt bij hoe snel het water opwarmt en aan de hand daarvan wordt berekend of het nog wat extra moet worden opgewarmd of juist iets moet afkoelen enzovoorts. Allemaal totdat de perfecte temperatuur is bereikt en er met het hete water koffiegezet kan worden. Je merkt er niets van, maar voor je neus worden die formules waar mijn docent wiskunde het over had gebruikt om een kopje koffie te zetten.

In de tussentijd lees je het politieke nieuws. Het kabinet heeft bepaalde beleidsplannen veranderd. Was het wel een goed idee om daaraan te sleutelen? Als je zo objectief mogelijk wilt zijn, kijk je naar de voorspellingen over de nieuwe plannen. Het Centraal Planbureau rekent traditiegetrouw alles door. Of iets een goed of een slecht idee is kan van zoveel dingen afhangen dat het nauwelijks bij te houden is. Die ene berekening die aangeeft dat je uiteindelijk meer geld kunt uitgeven vat al die factoren mooi samen in een enkel punt dat er voor jou toe doet. Ook daar is een hoop wiskunde voor gebruikt.

Zo bekeken heeft de wiskunde ontzettend veel invloed op je leven. Zonder zelf iets te berekenen ben je toch afhankelijk van allerlei berekeningen. De informatie die je gebruikt om keuzes te maken is het eindresultaat van wiskundig werk van anderen. Zelfs de informatie die je uiteindelijk te zien krijgt hangt af van een berekening ergens op een computer van Google, Facebook of een andere website die informatie filtert. Ook de technologie in je leefomgeving maakt steeds meer gebruik van wiskunde. Het luxe koffiezetapparaat bij het café om de hoek, de automatische piloot in het vliegtuig waarmee je naar je vakantiebestemming vliegt en de computer waar je dag in, dag uit van afhankelijk bent voor je werk: ze hangen allemaal af van wiskunde. Nu wiskunde op steeds meer plekken te vinden is, wordt het ook steeds belangrijker om iets te snappen van de wiskunde en hoe die invloed heeft op ons leven.

Dat het handig is om tegenwoordig iets te snappen van de wiskunde, daar gaat het merendeel van dit boek over. Maar wat is wiskunde eigenlijk en hoe werkt ze? Dat is bij uitstek een filosofische vraag, die teruggaat naar Plato en Socrates. Zij vroegen zich al af waar wiskunde over gaat en hoe wij er iets over leren. Bovendien lijkt het, als je er wat langer over nadenkt, best gek dat wiskunde zo toepasbaar is, terwijl ze

ook ontzettend abstract is. Dus hoe kan het dat wiskunde tóch nuttig is? Voor een antwoord daarop hebben we een stukje filosofie nodig.