



**Zwoegen door de modder en zweven langs de hemel**  
*Persoonlijke verhalen van wiskundigen*

Evelien Bus



**Zwoegen door de modder en zweven langs de hemel**

*Persoonlijke verhalen van wiskundigen*

Evelien Bus

Freudenthal Instituut & Mathematisch Instituut

Universiteit Utrecht

februari 2004

Afstudeerscriptie

**Scriptiebegeleider:** Chris Zaal  
**Afstudeerdocent:** Henk van der Vorst  
**Medebeoordelaar:** Henk Bos

De titel van deze scriptie is ‘Zwoegen door de modder en zweven langs de hemel’. Deze is geïnspireerd op een uitspraak van de Confuciaanse Meester Kraanvogel, een personage in één van de Rechter Tie romans van Robert van Gulik (naar het Nederlands vertaald door Van de Wetering). Meester Kraanvogel zegt tegen Tie: “Op weg naar de oplossingen zwoegen sommigen als een worm door het slijk, anderen vliegen als een zwaan langs de azuren hemel. Beiden bereiken hun doel”. De precieze plaats van dit citaat kon helaas niet meer getraceerd worden.

Illustratie op de voorkaft:  
‘Earth and sky’ van Bruce Daniel

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Leeswijzer</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Persoonlijke motivatie</b>	<b>8</b>
2.1	Odi et amo . . . . .	8
2.2	Vos quoque? . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Werkwijze</b>	<b>13</b>
3.1	Oriëntatie . . . . .	13
3.2	Literatuuronderzoek . . . . .	14
3.3	Interviews . . . . .	15
3.4	Totstandkoming van de scriptie . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Literatuur</b>	<b>18</b>
4.1	Persoonlijke verhalen . . . . .	18
4.2	Psychologie en sociologie . . . . .	22
4.3	Kunst . . . . .	24
4.4	Conclusie . . . . .	26
<b>5</b>	<b>De interviews</b>	<b>27</b>
5.1	Verleiding en verlating . . . . .	28
5.1.1	Frans Oort: fascinerend dat je verder kunt komen enkel door na te denken. . . . .	29
5.1.2	Eduard Looijenga: er is zoveel mooie wiskunde. . . . .	32
5.1.3	VERLEID DOOR SCHOONHEID . . . . .	34
5.1.4	Henk Barendregt: ik ben verleid door de schoonheid. . . . .	37
5.1.5	VERLEID DOOR INZICHT, ZEKERHEID EN WAARHEID . . . . .	39
5.1.6	Dennis Hesseling: wiskunde alleen was te saai geweest. . . . .	40
5.1.7	VERLATING . . . . .	42
5.2	Ploeteren en schitteren . . . . .	43
5.2.1	Femia Smit: mijn leraar raadde me af om wiskunde te gaan studeren. . . . .	44
5.2.2	PLOETEREN . . . . .	46
5.2.3	Thijs Ruijgrok: wiskunde was op de universiteit ineens heel moeilijk. . . . .	49
5.2.4	Jan Tuitman: ik had gehoopt op een hoger niveau. . . . .	51
5.2.5	SCHITTEREN . . . . .	53
5.2.6	Rainer Kaenders: ik voelde me een held die dag. . . . .	54
5.3	Zin en onzin . . . . .	58
5.3.1	Barbara van den Berg: ‘Wat zijn we aan het doen?’ denk ik soms. . . . .	59
5.3.2	ONZIN . . . . .	61
5.3.3	ZIN . . . . .	62
5.3.4	Hans van Duijn: fantastisch dat andere wetenschappers mijn resultaten konden gebruiken. . . . .	64

5.4	Onder wiskundigen . . . . .	66
5.4.1	STEREOTYPE BEELDEN . . . . .	67
5.4.2	Pieter Moree: mijn bureau stond bij scheikunde, omdat het daar gezellig was. . . . .	71
5.4.3	Klaas Landsman: de tafelgesprekken zijn vaak verschrikkelijk. . . . .	74
5.4.4	WISKUNDIGEN OVER ELKAAR . . . . .	77
5.4.5	Simone van Neerven: ik zou meer met bèta's willen samenwerken. . . . .	80
5.5	Alleen of samen? . . . . .	83
5.5.1	Svetlana Borovkova: het is moeilijk om iemand te vinden om mee samen te werken. . . . .	84
5.5.2	Sara van de Geer: ik werk graag in mijn eentje. . . . .	86
5.5.3	EEN REIS ALLEEN . . . . .	88
5.5.4	Jozef Steenbrink: samenwerken is leuk, maar het komt er vaak niet van. . . . .	90
5.5.5	SAMEN OP PAD . . . . .	92
5.5.6	Mark Peletier: geweldig om samen met collega's een puzzel op te lossen. . . . .	94
5.6	Overdragen, een kunst op zich . . . . .	97
5.6.1	Voordrachten . . . . .	98
5.6.2	Colleges . . . . .	99
5.7	Ratio versus gevoel . . . . .	101
5.7.1	Een dominante ratio . . . . .	102
5.7.2	Verlichting en Romantiek . . . . .	104
5.7.3	Wiskunde en gevoel . . . . .	104
5.7.4	Omgekeerd gevoel . . . . .	105
<b>6</b>	<b>Discussie van de werkwijze</b>	<b>106</b>
<b>7</b>	<b>Samenvatting en conclusies</b>	<b>108</b>
<b>8</b>	<b>Persoonlijk slotwoord</b>	<b>114</b>

# 1 Leeswijzer

Deze scriptie is het verslag van mijn afstudeeronderzoek. De centrale vraag is: hoe belevén wiskundigen het beoefenen van hun vak? Voor zover ik kon nagaan, is hierover weinig geschreven. Er wordt onder wiskundigen doorgaans weinig over gepraat. Toch kan wiskunde heftige emoties oproepen, zowel positieve als negatieve. Als student wiskunde heb ik dit zelf ervaren. Deze scriptie doet verslag van een zoektocht in de bibliotheek en van zeventien interviews met Nederlandse wiskundigen.

De kern van deze scriptie is te vinden in hoofdstuk vijf. Daar staan de interviews, gegroepeerd rond zeven thema's. In intermezzo's tussen de interviews wordt elk thema verder besproken: uitspraken van de geïnterviewden worden geordend, geanalyseerd en gecombineerd met informatie uit de literatuur en mijn eigen ervaring.

Het doel van mijn afstudeeronderzoek is een genuanceerd beeld te schetsen van de beleving van wiskunde door wiskundigen. Het woord 'beleving' impliceert hier een wijd scala aan gevoelens en gedachten, elk gerelateerd aan een specifiek onderdeel van het bedrijven van wiskunde. Deze scriptie gaat niet zozeer over de vraag of wiskundigen blij, ontroerd en gefrustreerd kunnen worden van het bedrijven van wiskunde. Dat dit het geval is, is in de universitaire praktijk en in de literatuur allang aangetoond. Deze scriptie gaat over de vraag welke aspecten van de beoefening van wiskunde (hevige) gevoelens en gedachten oproepen en hoe deze met elkaar kunnen samenhangen binnen één persoon.

Woorden als 'beleving' en 'gevoelens' worden in deze scriptie gebruikt in de normale, wat diffuse betekenis die ze in het dagelijks leven hebben. Ik geef geen precieze definities, omdat me dit moeilijk zo niet onmogelijk lijkt.

Bij verwijzingen naar woorden als 'wiskundige', 'geïnterviewde' en 'docent' worden mannelijke voornaamwoorden gebruikt, omdat dat in onze taal de gewoonte is. Natuurlijk kunnen hier ook de vrouwelijke equivalenten worden gelezen.

## 2 Persoonlijke motivatie

### 2.1 Odi et amo

*Odi et amo. Quare id faciam, fortasse requiris?  
Nescio, sed fieri sentio et excrucior.  
(Catullus, 84 – 54 v. Chr.)*

*Ik haat en ik heb lief. Waarom ik dat doe, vraag je je misschien af.  
Dat weet ik niet, maar ik merk dat het gebeurt en het scheurt me kapot.  
(vertaling EB)*

Ik kan me niet herinneren als kleuter al geïnteresseerd te zijn geweest in ‘wiskunde’, bijvoorbeeld in getallen of vormen. Ik speelde graag binnen en buiten, vond het leuk om te ravotten en ik tekende graag. Ik herinner me dat ik reikhalzend uitkeek naar de dag waarop ik naar de eerste klas mocht en eindelijk mocht leren lezen.

Van rekenen op de lagere school herinner ik me vooral dat ik dat snel kon. Ik weet nog dat de meester zei dat ik voortaan alle sommen moest maken, in plaats van de eerste twee van elk rijtje van vijf. De andere kinderen hoefden nog steeds alleen maar de eerste twee sommen te maken, maar de meester zei dat hij niet wilde dat ik te snel door het werk heen zou gaan. Ik vond het stoer om zo goed in rekenen te zijn, maar het rekenen zelf vond ik maar saai. Achteraf natuurlijk begrijpelijk, omdat de meester me alleen uitdaagde door een grotere hoeveelheid werk op te geven en niet door moeilijkere sommen aan te bieden. Verder herinner ik me ook van de lagere-school-periode dat ik in gedachten lijnen trok door het klaslokaal. Van de ene hoek naar de andere, van de kozijnen naar de muur enzovoort. Ik probeerde me dan voor te stellen hoe die lijnen precies liepen en of ze elkaar zouden snijden. Ook herinner ik me dat ik een keer heb zitten staren naar de driepotige standaard van de kaart van Nederland. Ik probeerde toen een gevoel te krijgen voor het verdelen van een cirkel in drie gelijke delen.

Toen ik op de eerste schooldag van de middelbare school ’s avonds mijn boeken kافتte, koos ik mijn lievelingskleur paars uit voor de boeken van wiskunde en Frans. Ik had het voorgevoel dat deze mijn favoriete vakken zouden worden. En zo geschiedde. Achteraf denk ik dat ik geboeid was door het nieuwe en mysterieuze van deze vakken. Ik was na de lagere school toe aan een uitdaging en die vond ik hierin. We begonnen in de brugklas met verzamelingenleer. Ik genoot van het abstracte denken. Later werd de onbekende  $x$  ingevoerd en leerden we dat lijnen in de wiskunde oneindig lang zijn. Dat alles vond ik machtig interessant. Ik werd aangetrokken door het mysterie en de nieuwe manier van kijken.

Ondanks mijn enthousiasme voor het vak, raakte ik gedurende het jaar wel wat teleurgesteld in de wiskundelessen. Het ging me te traag. De stof had ik snel onder de knie en de resterende tijd gebruikte ik om verder te denken. Toen we leerden hoe je de inhoud van een kubus berekent, vroeg ik aan de docente hoe je de inhoud van een piramide berekent. Toen we de stelling van Pythagoras leerden, wilde ik weten waarom die geldt. De docente zei vaak dat ze geen tijd had om mijn vragen te beantwoorden. Ze raadde me aan mijn vragen nog eens te stellen als ik in een hogere klas zat.



In de jaren die volgden, bleef ik wiskunde een leuk vak vinden. Het nam een speciale plaats in tussen de andere vakken. Bij het doen van wiskunde voelde ik me het meest zelfverzekerd. Ik hoefde nauwelijks moeite te doen en stond toch 'boven de stof'. Docenten en andere leerlingen waardeerden me soms hierom en dat gaf me zelfvertrouwen. Ook bleef wiskunde een mysterieuze aantrekkingskracht houden. Anders dan bij de andere vakken kon ik mij er geen beeld van vormen hoe zij ontstaan is, of zij van de mens is of in de natuur zit en op welke manier nieuwe wiskunde ontwikkeld wordt. Toch had zij niet meer de glans die ze in het eerste jaar voor me had. Een reden hiervoor kan zijn dat ik in de puberteit kwam, waardoor ik minder aandacht voor schoolvakken had. Een andere reden was waarschijnlijk mijn groeiende teleurstelling in het lage tempo. Ik leerde het af om verder te denken dan de stof en om 'lastige' vragen te stellen in de wiskundeles.

In de bovenbouw van het vwo waardeerde ik de schoolvakken, inclusief wiskunde, om een andere reden. In die tijd zat ik niet zo lekker in mijn vel. Het leren was voor mij een veilige haven. Tijdens het studeren kon ik mijn persoonlijke problemen vergeten en me toch ontwikkelen. Ook hoopte ik in die tijd dat schoolvakken me wijsheid zouden brengen en me de kans zouden geven later een 'totaal ander leven' op te bouwen. Ik snakke naar vluchtroutes, wilde weg uit de sleur van thuis en school. Overigens geloof ik niet dat wiskunde hierbij een andere plaats innam dan de andere vakken. Wat ik inhoudelijk gezien van de wiskundestof vond in de bovenbouw van het vwo, kan ik me niet goed herinneren. Ik weet alleen dat ik ruimtemeetkunde bijzonder leuk vond. Dit deed een ander beroep op me dan de andere wiskundeonderwerpen. Het was niet mysterieus, maar gewoon een heerlijke bezigheid. Het ontspande me om me figuren en lijnen voor te stellen.

In de laatste anderhalf jaar van het vwo mocht ik zelf kiezen of ik wel of niet naar de lessen ging. Ik haalde goede cijfers en de school had er begrip voor dat ik niet alle lessen nodig had. Bovendien kon ik niet eens naar alle lessen gaan, omdat ik meer vakken deed dan gebruikelijk en daardoor overlappende lessen had. In die tijd ben ik nooit meer naar de wiskundeles geweest. Daar had ik niets te halen, dacht ik: de lessen waren vaak saai en inefficiënt en ik kwam er ook zonder docent wel uit.

Bij het kiezen van een vervolgstudie heb ik heel wat gewikt en gewogen. Bijna elke studie leek me interessant. Mijn favoriete schoolvakken waren biologie, Frans, Latijn en tekenen. Frans of Latijn wilde ik niet gaan studeren, want het leek me goed mogelijk deze vakken als hobby erbij te houden. Om dezelfde reden wilde ik niet naar de kunstacademie. Ik ben wel op open dagen voor medische biologie, biologie en geneeskunde wezen kijken. Die studies leken me aantrekkelijk, maar niet echt moeilijk of uitdagend. Daar was ik in die tijd wel naar op zoek: ik wilde naar de grenzen van mijn denken en iets fundamenteel nieuws leren. Dat dacht ik tijdens een studie wiskunde wel te kunnen vinden. Vanaf het einde van de vijfde klas wist ik daarom dat ik wiskunde wilde gaan studeren.

Na de middelbare school heb ik eerst een jaar wat anders gedaan voor ik begon met studeren. Ik had in dat jaar het gevoel als mens behoorlijk te veranderen. Mijn studiekeuze ging er echter niet van wankelen. Ik herinner me dat ik aan het einde van dat jaar verwachtte bij wiskunde aardige, intelligente en veelzijdige mensen tegen te komen. Ook was ik nieuwsgierig naar de soort wiskunde die we zouden leren. Ik verwachtte dat ik wiskunde zo leuk zou vinden dat ik na de studie aio zou willen worden.

Van de eerste studieweken aan de Universiteit Utrecht in 1995 herinner ik me vooral het sociale gebeuren. Van de colleges herinner ik me bijna niets. Ik denk dat die me op dat moment ook niet zo interesseerden, omdat ik liever eerst vrienden wilde maken. Ik had me voorgenomen in het eerste jaar wis- en natuurkunde te studeren. Het leek mij stoer om twee propaedeuses te halen. Maar na een paar natuurkundecolleges vol rekenwerk en na het eerste natuurkundepracticum ben ik afgehaakt. Ik had een hekel aan rekenwerk en ik schrok van de gedrevenheid van de docent en mijn medestudenten en van hun sterke gerichtheid op natuurkunde. Ik voelde me er niet thuis.

Bij wiskunde voelde ik me een stuk beter op mijn gemak. Ik maakte deel uit van een leuk groepje mensen. En het vak stond mij vanwege zijn precisie en duidelijkheid veel beter aan. Ik was blij met het niveau van de studie, dat voor mij niet te laag en niet te hoog was. Het gaf me een *kick* telkens weer een bladzijde vol nieuwe wiskunde te 'ontcijferen'. Ik voelde me uitgedaagd en serieus genomen. Ook oefende wiskunde vanwege haar ondoorgrondelijkheid een aantrekkingskracht op me uit. Ik vond het spannend om steeds meer kennis van haar te krijgen, om zodoende misschien ooit iets te begrijpen van haar oorsprong en essentie. Toch was ik niet juichend enthousiast over de studie. Ik herinner me vele frustrerende momenten. Ik raakte regelmatig de draad kwijt tijdens een college. Sommige vakken vond ik niet leuk. Bijvoorbeeld lineaire algebra. Ik baalde ervan dat ik hierbij niet doorhad waar het goed voor was en ik vond het rekenwerk vervelend.

Ik herinner me hoe ik aan het einde van het eerste jaar tegen een paar andere studenten zei dat ik me eigenlijk niet zo interesseerde voor wiskunde, maar dat ik erachter wilde komen hoe een wiskundige denkt en hoe hij in elkaar zit. Zij keken me toen verbaasd aan en vroegen me waarom ik dan wiskunde studeerde. Ik vond toen dat dit een weg is om een antwoord te vinden op mijn vraag. Achteraf denk ik dat ik bedoelde dat ik vooral mezelf beter wilde leren kennen. Ik dacht dat te kunnen doen aan de veilige hand van de wiskunde, waar ik goed in was en een paar leuke mensen had ontmoet.

In het tweede studiejaar genoot ik voor het eerst tijdens mijn studie intens van de wiskunde zelf. Dat was tijdens het vak topologie. Ik vond het een prachtig vak, vond het geweldig hoe plaatjes inspireerden tot abstracte theorie. Ook genoot ik ervan dat je in het vak niet hoefde te rekenen, maar alleen conceptueel hoefde te denken. Ik had aan het einde van het semester het gevoel me het vak helemaal te hebben eigen gemaakt. Ik vergeleek studeren toen met het bekijken van mooie schilderijen. Helaas was het vak maar van korte duur en maakte hij na een semester weer plaats voor andere verplichte vakken.

Zo rond het einde van dit tweede studiejaar begon er een gevoel van desillusie te groeien. Gaandeweg merkte ik dat ik mezelf beloningen in het vooruitzicht moest stellen om mezelf aan de studie te houden. Het feit dat ik vanaf die tijd keuzevakken mocht doen en me dus verder mocht verdiepen in mijn lievelingsvakken, hielp daar nauwelijks aan.

Achteraf denk ik dat er een aantal factoren meespeelde. Ten eerste was ik als mens veranderd. Ik was niet meer op zoek naar cognitieve uitdaging, maar ik wilde me ontwikkelen op emotioneel en sociaal gebied. Daarbij heeft zeker meegespeeld dat ik vanaf het tweede jaar de opleiding dramatherapie erbij volgde. Daarnaast zag ik een aantal verwachtingen in duigen vallen. Ik merkte bijvoorbeeld als persoon niet wijzer te worden van het studeren van wiskunde, terwijl ik dat kennelijk wel had verwacht. Ook was ik teleurgesteld, omdat wiskunde zo groot en ondoorgrondelijk voor me leek. Het was me op de middelbare school altijd zo makkelijk afgegaan, ik had altijd het gevoel gehad boven de stof te staan, maar tijdens de studie moest ik ploeteren om goed mee te kunnen komen. En wiskunde verloor voor mij haar hoge status, omdat ik er steeds minder van overtuigd was dat wiskundige ontwikkelingen aan de basis liggen van ontwikkelingen in andere wetenschappen. Ik had het vermoeden dat wiskunde aan het Mathematisch Instituut vooral 'om zichzelf' werd bedreven. Ik merkte ook dat het doen van wiskunde me soms meer kwaad deed dan goed. Als ik stof bestudeerde van vakken waar ik me geen intuïtief beeld van kon vormen, stapte ik innerlijk over op een soort 'mechanisch programma'. Ik leerde de logische stappen te zetten, maar wist niet meer waar ik mee bezig was. Het was een nare, vervreemdende ervaring. Na een paar uur studie voelde ik me versuft en duurde het even voor ik weer 'teruggekeerd' was in de realiteit. Ik voelde me ook steeds minder op mijn gemak bij een aantal docenten. Ik verbaasde me erover hoe weinig contact sommigen maakten met de zaal, hoewel daar soms maar vijf studenten zaten. Ik ergerde me eraan dat sommigen, vooral in seminaria en hogere-jaars-colleges, niet vroegen naar de voorkennis van hun publiek en op een te hoog niveau begonnen. Op het Mathematisch Instituut voelde ik me niet gezien als volledig mens, maar vooral als denkend persoon.

Mijn ambities heb ik in de loop van de studie dan ook bijgesteld. Na ruim drie jaar wist ik zeker dat ik geen aio in de wiskunde wilde worden. Ik wist zelfs niet of ik de studie nog wel af wilde maken. Ik heb de studie toen stopgezet en ben gaan werken als wiskundedocent.

Nu, een jaar of drie later, maak ik de wiskundestudie af. Het studeren gaat me nu makkelijker af, omdat ik er emotioneel minder bij betrokken ben. Ik heb niet meer de ambitie om wiskunde te doorgronden en vind het ook niet meer vervelend om dingen niet te begrijpen. Ik zoek niet meer naar gouden momenten van inzicht of schoonheid. Bij het studeren word ik nu gedreven door een nieuwsgierigheid naar mezelf en andere wiskundigen. Bijna aan het einde van de studie verwonder ik me erover dat ik voor zo'n 'koele' wetenschap als wiskunde zoveel liefde en zoveel haat heb gevoeld.

### 2.2 Vos quoque?

*Jullie ook?*

Tijdens mijn studie had ik veel behoefte mijn ervaringen met wiskunde te delen. Ik wilde weten of ik de enige was die zo worstelde met het vak en de zakelijke omgangscultuur. Jammer genoeg werd er nauwelijks over gepraat, noch door docenten, noch door studenten.

Door dit afstudeeronderzoek had ik de kans dit gemis goed te maken. Ik keek ernaar uit om mijn docenten en andere wiskundigen te horen praten over zichzelf. Hoe hadden ze de lessen wiskunde op school ervaren? Welke verwachtingen hadden ze van de wiskundestudie? Hoe beviel het hun? Op grond waarvan besloten ze na de studie wiskundeonderzoek te gaan doen of een ander beroep te kiezen? Waar haalden degenen die zich in hun huidige werk nog bezighouden met wiskunde voldoening uit? Waar worstelden ze mee? Ik wilde wiskunde een menselijk gezicht geven.

### 3 Werkwijze

Hoe beleven wiskundigen (mensen die een universitaire wiskundestudie hebben voltooid) het beoefenen van hun vak? Dat is de hoofdvraag van dit afstudeeronderzoek. Hebben zij net zo'n innerlijke strijd van aantrekking en afstoting naar wiskunde toe als ikzelf heb ervaren? Welke kanten van wiskunde roepen positieve gevoelens op? Wat roept negatieve gevoelens op? Hoe intens zijn die gevoelens? Waarin lijken wiskundigen op elkaar in hun reactie op wiskunde en waarin verschillen ze?

Mijn vraag kwam voort uit persoonlijke nieuwsgierigheid. Niettemin kunnen de antwoorden ook zinvol zijn voor andere wiskundigen. Aangezien er relatief weinig over dit onderwerp wordt gepraat, kunnen de resultaten verhelderend zijn voor iedereen.

In dit afstudeeronderzoek beperkte ik me zoveel mogelijk tot Nederlandse wiskundigen van nu. Dat leek me het meest interessant en het meest haalbaar.

#### 3.1 Oriëntatie

Bij de start van dit afstudeeronderzoek was mij niet duidelijk bij welke wetenschapsdiscipline mijn onderzoeksterrein hoort: bij psychologie, antropologie, wetenschapscommunicatie of wetenschapsfilosofie? Ik ben daarom begonnen met een rondgang langs wetenschappers van elk van deze disciplines.

Harald Kunst, docent-onderzoeker in de psychonomie aan de Universiteit Utrecht, vertelde me dat het niet de gewoonte is om een dergelijk onderzoeksterrein binnen de psychologie te onderzoeken.<sup>1</sup> In de psychologie bekijkt men uitspraken van mensen met grote voorzichtigheid. Veel ervaringen zijn moeilijk te verwoorden. Het geheugen vergeet en vertekent. Bovendien plaatsen mensen hun ervaringen binnen zelfontworpen theorieën over zichzelf en de wereld om hen heen. Hierdoor leggen ze de nadruk op sommige aspecten van die ervaringen en negeren ze andere aspecten. Deze nadelen kunnen gedeeltelijk worden ondervangen door hypothesen te toetsen. Dat is een onderzoeksmethode die in de psychologie veel gebruikt wordt. Voor beschrijvend onderzoek zoals ik dat wilde gaan doen, kon ik wellicht beter terecht bij de antropologie of wetenschapsjournalistiek.

Voor inhoudelijke hulp verwees Kunst me naar Frans Verstraten. Hij is eveneens psychonoom en doet onderzoek naar *Aha-Erlebnisse*.<sup>2</sup> Bij navraag bleek hij dit louter hersentechnisch te doen. Hij onderzoekt niet welke emoties een *Aha-Erlebnis* kan oproepen. Verstraten raadde me aan om met persoonlijkheidstests te onderzoeken wat wiskundigen onderscheidt van anderen.

Diederick Raven, docent-onderzoeker in de antropologie aan de Universiteit Utrecht en tevens wiskundige, stelde voor om een klassiek antropologisch onderzoek te doen.<sup>3</sup> Dit kan bestaan uit een literatuurstudie, uit interviews, enquêtes en eigen observaties

---

<sup>1</sup>Ik heb twee gesprekken met hem gehad. Het eerste vond plaats op 21-3-2003, het tweede vond plaats op 26-3-2003. Kunst verwees onder andere naar het tweede hoofdstuk van 'Basic Psychology' van Gleitman [25].

<sup>2</sup>Gesprek op 28-3-2003.

<sup>3</sup>Gesprek op 7-4-2003.

tijdens wiskundecolleges. Hij raadde me aan een onderzoek van Eric Livingston als voorbeeld te nemen. Livingston heeft op een antropologische manier onderzocht hoe wiskundige bewijzen afhangen van de context waarin ze gemaakt worden. Hij heeft er een boek over geschreven: ‘The ethnomethodological foundation of mathematics’ ([29], [42]).

Godielief Nieuwendijk is docente wetenschapscommunicatie aan de masteropleiding ‘Science Education and Communication’ van de Universiteit Utrecht.<sup>4</sup> Ze vertelde me dat mijn scriptievragen inhoudelijk gezien niet thuishoren in haar vakgebied. Ze raadde me aan om me te verdiepen in kwalitatieve onderzoeksmethoden en gaf een aantal referenties.

Tenslotte heb ik professor Doorman bezocht in Waarder.<sup>5</sup> Hij is gepensioneerd wetenschapsfilosoof. Doorman raadde me aan om ofwel diep in de psychologie te duiken, ofwel in de cognitieve kunstmatige intelligentie (CKI). Binnen een uur schetste hij een scriptieopzet, uitgaande van de CKI. Het eerste deel van de scriptie beschrijft dat de mens, volgens theorie uit de CKI, een aangeboren predispositie voor structuur heeft. De hersenen van de mens zijn gemaakt om structuren te herkennen en te maken. In het tweede deel wordt betoogd dat wiskunde over patronen en relaties gaat en niet zozeer over objecten. Dit heet de structuralistische benadering van de wiskunde. Het laatste deel van de scriptie beantwoordt de vraag waarom de mens vreugde beleeft aan het bedrijven van wiskunde. De redenering is als volgt. Eén van de capaciteiten van de mens is het herkennen en maken van structuren. Dat kan binnen de wiskunde. Het geeft vreugde als je capaciteiten tot uitdrukking worden gebracht.

Leuk om te zien hoe elke wetenschapper een ander soort onderzoek voorstelde, maar geen van allen kon me bieden waar ik naar op zoek was. Ik wilde verhalen van wiskundigen horen, hun beleving invoelen en invoelbaar maken voor anderen. Persoonlijkheidstests of een CKI-theorie helpen daarbij niet. Hoewel de antropologische onderzoeksmethode bruikbaar leek, kwam ik niet door het boek van Livingston heen. Het was erg theoretisch en abstract en ging niet over belevingen. In overleg met mijn scriptiebegeleider heb ik besloten zelf op zoek te gaan naar een ‘natuurlijke’ onderzoeksmethode. Ik ben begonnen met een literatuuronderzoek.

## 3.2 Literatuuronderzoek

Het afstudeeronderzoek verplaatste zich naar de bibliotheek en naar het internet. Verschillende mensen hadden titels gegeven: de wetenschappers die ik had gesproken, mijn scriptiebegeleider en een stuk of vijftien andere wiskundigen en niet-wiskundigen. Daarnaast doorzocht ik de nationale catalogus van universiteitsbibliotheken en de catalogus van de gemeentelijke bibliotheek in Utrecht op trefwoorden als ‘wiskundige’, ‘wiskunde’, ‘emotie’, ‘beleving’, ‘cultuur’, ‘persoonlijkheid’, ‘schoonheid’ en ‘inzicht’. In zoekprogramma’s op het internet typte ik dezelfde trefwoorden in. Ook romans, gedichten, films en toneelstukken van en over wiskundigen zijn bij dit onderzoek betrokken.

---

<sup>4</sup>Gesprek op 27-3-2003.

<sup>5</sup>Gesprek op 31-3-2003.

Er bleken vele citaten en verhalen te zijn van individuele wiskundigen over hun beleving van wiskunde, maar het merendeel was kort en fragmentarisch. Voor zover ik kon nagaan, is er geen literatuur waarin de vakbeleving van wiskundigen in het algemeen wordt besproken en geanalyseerd.

Omdat er weinig te vinden was, is het literatuuronderzoek niet beperkt tot de beleving van Nederlandse wiskundigen. Zie verder hoofdstuk vier.

### 3.3 Interviews

De resultaten van het literatuuronderzoek boden onvoldoende antwoord op mijn onderzoeksvragen. Daarom ben ik zelf (met veel plezier) informatie gaan verzamelen. Het leek me het meest zinvol om interviews te houden met wiskundigen. Zij kunnen persoonlijke ervaringen uit de eerste hand vertellen. Observeren leek me minder nuttig, omdat je de gedachtenwereld van iemand niet kunt zien.

Omdat ik weinig ervaring had in het afnemen van een interview, heb ik eerst een aantal proefinterviews gehouden. Een paar aio's en een medestudent waren bereid zich hieraan te onderwerpen. Ze gaven na afloop feedback op mijn vragen. Ook mijn scriptiebegeleider gaf bruikbare tips. De interviews nam ik op, waardoor ik ook mezelf feedback kon geven bij het terugluisteren. Bij elke vraag die ik had gesteld bedacht ik een betere vraag.

Uit de literatuur, uit de proefinterviews en uit mijn eigen ervaringen werd duidelijk dat bepaalde aspecten van wiskunde bij meerdere wiskundigen sterke belevingen oproepen. Ik probeerde een indeling te maken in categorieën. Deze categorieën probeerde ik zo te dat ze conflicten of tegenstellingen in zich droegen, omdat die interessant zijn om te onderzoeken. Ik noemde de categorieën 'thema's'. Ik kwam tot het volgende rijtje:

1. Verleiding en verlating. Wiskunde heeft verleidelijke kanten, zoals schoonheid, waarheid en mysterie. Die verleiding kan wel overgaan.
2. Ploeteren en schitteren. Wiskunde is een moeilijk vak. Goed zijn in wiskunde levert bewondering van anderen op. Een plotseling inzicht kan een *kick* geven. Omgekeerd is het frustrerend om niet te snappen wat anderen wel snappen. Vastzitten in een opgave of in het onderzoek is frustrerend.
3. Zin en onzin. Zuivere wiskunde staat ver van de realiteit. Het maatschappelijk nut is niet direct duidelijk. Dat kan twijfels oproepen aan de zin van de studie. Toepassingsgerichte wiskunde heeft wel zichtbaar maatschappelijk nut. Sommige wiskundigen halen hier voldoening uit.
4. Onder wiskundigen. Ik voelde me op het Mathematisch Instituut vooral gezien als 'denkend mens' en voelde me er daarom niet altijd op mijn gemak.
5. Alleen of samen. Wiskunde is voor sommigen een eenzame aangelegenheid. Sommige wiskundeonderzoekers hebben moeite collega's te vinden met dezelfde expertise, met wie ze kunnen samenwerken. Bovendien kan aan niet-wiskundigen nauwelijks worden uitgelegd waar universitaire wiskunde over gaat. Er zijn ook wiskundigen die nauw samenwerken.

6. Overdragen, een kunst op zich. Voordrachten van wiskunde-onderzoekers worden niet altijd begrepen door collega's. Ook colleges zijn soms moeilijk te volgen.

7. Ratio versus gevoel. In de latere jaren van mijn studie ontbrak bij mij een intuïtief begrip van een aantal vakken. Ik leerde logische stappen te zetten, maar kon de theorie niet plaatsen. Dat gaf een vervreemdend gevoel. Ook kostte het soms moeite om 'terug te keren' naar de realiteit na een paar uur intensieve studie. Omgekeerd leken sommigen docenten en medestudenten gevoelsmatig juist op te leven als ze met wiskunde bezig waren.

Later zijn bovenstaande thema's preciezer geformuleerd (zie bijvoorbeeld hoofdstuk zeven).

De thema's gebruikte ik om structuur aan de brengen in de 'echte' interviews. Samen met mijn scriptiebegeleider maakte ik bij elk thema een aantal interviewvragen. Door middel van de interviews wilde ik bovenstaande uitdiepen. Toch was dat niet het eerste doel van de interviews. In de eerste plaats wilde ik complete, persoonlijke verhalen ontlokken aan wiskundigen. Wiskunde moest een menselijk gezicht krijgen.

Van aio's, medestudenten, mijn scriptiebegeleider en de (proef)-geïnterviewden kreeg ik namen van 'interessante kandidaten' voor een interview. Aanvankelijk schreef ik iedereen aan. De enige voorwaarde was dat degene een universitaire opleiding wiskunde had afgemaakt (of zo goed als afgemaakt), of wiskundig onderzoek deed na een andere bèta-opleiding te hebben gevolgd. Toen na acht interviews bleek dat ik vrijwel alleen mannelijke hoogleraren in de zuivere wiskunde had geïnterviewd, ben ik gaan selecteren op geslacht, leeftijd en carrièrekeuze na de studie.

Er zijn uiteindelijk zeventien mensen geïnterviewd. Dat was het maximaal haalbare qua tijdsomvang. De samenstelling van de groep is minder evenwichtig geworden dan gepland. De Universiteit Utrecht is oververtegenwoordigd, de technische universiteiten zijn ondervertegenwoordigd. Meer dan driekwart van de geïnterviewden werkt aan een universiteit, waarvan de meesten ofwel als promovendus ofwel als hoogleraar.

De meeste interviewkandidaten nodigde ik via de email uit, de overige persoonlijk. Ik vroeg hen of ze me in het kader van mijn afstudeeronderzoek wilden vertellen wat ze leuk en aantrekkelijk vinden aan wiskunde en wat ze vervelend vinden. Verder schreef ik dat ze zich niet hoefden voor te bereiden, dat het interview hooguit zo'n twee uur zou duren en dat ik het bij voorkeur niet op hun werkplek hield. Het leek me dat mensen thuis of in de stad vrijer over hun studie of werk zouden praten dan op het werk. Vrijwel iedereen wilde meteen meewerken. Er was maar één persoon bij wie het contact op niets is uitgelopen. Bij de meeste geïnterviewden ben ik thuis geweest.

Bij aanvang van een interview liet ik de geïnterviewde weten dat hij de concepttekst te zien zou krijgen en dat er zonder zijn toestemming niets geplaatst zou worden. Dit deed ik uit respect voor de geïnterviewde, die persoonlijke ervaringen vertelde. Na een korte kennismaking nodigde ik uit om te vertellen over persoonlijke ervaringen met wiskunde van vroeger en nu. Meer aansporing hadden de meesten niet nodig om ruim een uur aan het woord te zijn. Ik luisterde geïnteresseerd en vroeg af en toe naar details. Inhoudelijk gezien stuurde ik nauwelijks. De geïnterviewde bepaalde de onderwerpen.



Ondertussen hield ik bij welke van bovenstaande thema's aan bod kwamen. Wanneer de geïnterviewde uitgepraat was, stelde ik nog een aantal vragen over thema's die in het geheel niet aan bod waren gekomen. Niet alle thema's zijn in elk interview behandeld: diepgang was belangrijker dan volledigheid. Na afloop van het interview vroeg ik om het wiskundig curriculum vitae op te schrijven en maakte ik een paar foto's. Vaak waren we na een uur of twee klaar, soms duurde het een hele avond.

Ik koos voor een dergelijke open manier van interviewen, omdat ik de geïnterviewde zo min mogelijk wilde beïnvloeden bij het onder woorden brengen van eigen ervaringen. Ik wilde authentieke verhalen.

De interviews werden opgenomen op een digitale *voice recorder* en opgeslagen op een cd. Ze zijn letterlijk uitgeschreven. Voor deze scriptie werd het interview ingekort tot ongeveer twee bladzijden. Hierbij is geprobeerd de levensloop met betrekking tot wiskunde te behouden, evenals de onderwerpen waarover de geïnterviewde met verve had verteld. Om een lopend verhaal te laten ontstaan, zijn uitwijdingen en kleine nuances vaak weggelaten. De geïnterviewde kreeg een conceptversie van het interview met de vraag onjuistheden te corrigeren. Dat gebeurde. De meeste geïnterviewden deden tevens een aantal suggesties om stukken van hun tekst te wijzigen. Deze zijn meestal overgenomen. De uiteindelijke tekst is elke keer in harmonie vastgesteld.

### **3.4 Totstandkoming van de scriptie**

Het was een worsteling om een geschikte vorm te vinden om de resultaten te presenteren. Overeenkomsten en verschillen tussen de belevingen van wiskundigen moesten worden beschreven. Het lag voor de hand hierin structuur aan te brengen door middel van de eerder beschreven thema's. Veel van de belevingen waarover de geïnterviewden uit zichzelf vertelden, waren onder te brengen bij een thema. Een fundamenteel nieuw thema heb ik niet gevonden.

Tegelijkertijd wilde ik de interviewteksten voor deze scriptie niet verknippen, omdat de mens achter de geïnterviewde zichtbaar moest blijven. Dit onderzoek gaat immers over de gehele mens in relatie tot wiskunde.

Met de hulp van mijn scriptiebegeleider heb ik een scriptieopbouw gevonden waarbij beide voorwaarden gerealiseerd konden worden. Elke interviewtekst is in zijn geheel bij één van de zeven thema's geplaatst. Elk interview is voor zover mogelijk geplaatst bij een thema waar de geïnterviewde sterke uitspraken over had gedaan. In intermezzo's tussen de interviews worden de thema's verder uitgediept, op basis van uitspraken van de (andere) geïnterviewden, van informatie uit de literatuur en van mijn eigen ervaring. Tijdens het schrijven zijn de thema's pas echt geformuleerd en afgebakend.

## 4 Literatuur

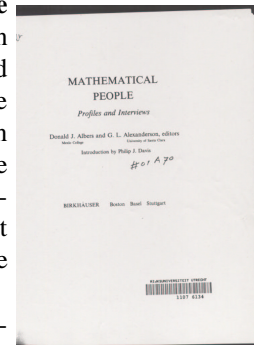
Hoe beleven wiskundigen het doen van wiskunde? Dit hoofdstuk geeft een kort overzicht van de gevonden literatuur. Sommige bronnen worden in hoofdstuk vijf uitgebreider besproken.

### 4.1 Persoonlijke verhalen

Er bestaan prachtige interviews met wiskundigen over hun beleving. Het verfilmde interview met **Andrew Wiles** is wellicht één van de bekendste ([33], zie ook [61]). In het televisieprogramma ‘Horizon: Fermat’s Last Theorem’ van de BBC vertelt hij over het zoeken naar een bewijs van het Laatste Vermoeden van Fermat. Als tienjarige jongen al droomde hij ervan een bewijs te vinden. Toen hij later als wiskundige in Cambridge (Engeland) werkte, is hij er serieus mee aan de slag gegaan. Hij heeft jaren lang gedisciplineerd gewerkt op zijn zolderkamer. Niemand wist waar hij mee bezig was, behalve zijn vrouw. Na zeven jaar arbeid dacht hij het bewijs rond te hebben. Het was juni 1993. Hij maakte het wereldkundig tijdens een serie voordrachten in Cambridge. Zie de foto hiernaast, die is genomen na afloop van één van die voordrachten. Enkele maanden later werden er gaten in het bewijs ontdekt. Wiles moest opnieuw aan de slag en ging naar eigen zeggen ‘door de hel’. Hij werd gered door een plotselinge ingeving, waarmee hij in 1994 het bewijs kon voltooien. In de documentaire vertelt hij over dat moment met een traan van geluk op zijn gezicht.



In **Mathematical People** en **More Mathematical People** staan tientallen interviews met wereldberoemde wiskundigen ([2], [3]). De meeste interviews zijn gehouden door Donald Albers, Gerard Alexanderson en Constance Reid, tevens de eindredacteuren. De geïnterviewden vertellen over het ontstaan van hun interesse voor wiskunde. Ze praten over de wiskunde van hun eigen vakgebied. Ook komen hobby’s en interessegebieden aan de orde. Een interview beslaat gemiddeld tien tot twintig pagina’s en wordt opgesierd met foto’s en wiskundige plaatjes.



Er staat een aantal citaten in over de beleving van wiskunde. Bijvoorbeeld van David Blackwell (bij uitgave van het boek, in 1985, professor in de statistiek aan de University of California). Hij vertelt over de meetkundelessen op de middelbare school: “I still remember the concept of a helping line. You have a proposition that looks quite mysterious. Someone draws a line and suddenly it becomes obvious. That’s beautiful stuff. I remember the proposition that the exterior angle of a triangle is the sum of the remote interior angles. When you draw that helping line it is completely clear [2, blz. 20]”.

Persi Diaconis (in 1985 professor in de statistiek aan de Stanford University): “I can’t relate to mathematics abstractly. I need a real problem in order to think about it, but given a real problem I’ll learn anything it takes to get a solution. I have taken at least thirty formal courses in very fancy theoretical math, and I got A’s and wrote good final papers, and it just never meant anything. It didn’t stick at all [2, blz. 71]”.

Paul Halmos (in 1985 professor aan de Indiana University en redacteur van het tijdschrift ‘American Mathematical Monthly’) vertelt over ervaringen in het eerste jaar van zijn master’s opleiding wiskunde: “As a first-year graduate student, I took a course from Pierce Ketchum in complex function theory. I had absolutely no idea of what was going on. I didn’t know what epsilons were, and when he said take the unit circle, and some other guy in class said “open or closed”, I thought that silly guy was hair-splitting, and what was he fussing about. What difference did it make? I really didn’t understand it. Then one afternoon something happened. I remember standing at the blackboard in Room 231 of the mathematics building talking with Warren Ambrose and suddenly I understood epsilons. I understood what limits were, and all the stuff that people had been drilling into me became clear. I sat down that afternoon with the calculus textbook by Granville, Smith, and Longley. All of that stuff that previously had not made any sense became obvious; I could prove the theorems. That afternoon I became a mathematician [2, blz. 123]”. In hetzelfde interview zegt Halmos over ‘applied mathematics’: “It’s a good contribution. It serves humanity. (...) But just the same, much too often it is bad, ugly, badly arranged, sloppy, untrue, undigested, unorganized, and unarchitected mathematics [2, blz. 130]”.

Afgezien van enkele citaten zijn de interviews voor dit afstudeeronderzoek niet zo bruikbaar. Er zijn maar weinig fragmenten te vinden over de beleving van wiskunde. Negatieve ervaringen komen vrijwel nooit aan de orde. Tenslotte is de groep geïnterviewden smal gekozen: alleen topwiskundigen, voornamelijk uit de Verenigde Staten en Canada [2, blz. ix].

**Het boek van de schoonheid en de troost** is een bundeling van interviews die Wim Kayzer heeft gehouden met wetenschappers en kunstenaars [35]. Hij heeft hen aangeschreven met de open uitnodiging te vertellen over ‘ervaringen van schoonheid en troost’. De geïnterviewden komen door middel van hun persoonlijke ervaringen tot leven.

Enkele grote natuurkundigen vertellen over schoonheidservaringen met hun vak. Onder andere Steven Weinberg: “Naarmate de theorieën in de natuurkunde fundamenteler worden, merken we dat ze ook steeds meer schoonheid bevatten. Het is niet eenvoudig uit te leggen waaruit die schoonheid precies bestaat. Een poging het onder woorden te brengen: het is de schoonheid van de onontkoombaarheid. Als je een echt mooie wetenschappelijke theorie bestudeert, heb je het gevoel dat niets anders zou kunnen zijn, dat alles is zoals het is omdat het gewoonweg niet anders kan [35, blz. 75–78]”.

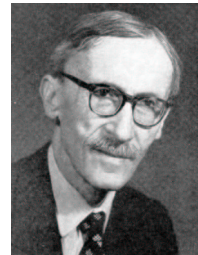
Er komt geen wiskundige aan het woord. Hiernaast een afbeelding van de kaft van de engelstalige versie.



Er bestaan enkele autobiografieën van wiskundigen. ‘A mathematician’s apology’ (1967) van **Godfrey Hardy** is één van de bekendste ([28]). Zoals de titel al suggereert, legt Hardy hierin uit waarom het volgens hem de moeite waard is om het beroepsleven aan wiskunde te wijden. Wiskunde is bij uitstek een vak waarbij (eeuwige) roem verworven kan worden, zegt hij. En dat is belangrijk: “A man’s first duty, a young man’s at any rate, is to be ambitious. (...) the noblest ambition is that of leaving behind one something of permanent value [28, blz. 77]”. Wiskunde biedt niet alleen een kans om te excelleren, maar wiskunde is ook mysterieus en fascinerend: “His subject [the subject of the mathematician, EB] is the most curious of all — there is none in which truth plays such odd pranks. It has the most elaborate and the most fascinating technique (...) [15, blz. 80]”. Op de foto hiernaast is Hardy te zien.<sup>6</sup>



‘Quelques aspects de la pensée d’un mathématicien’ (1970) van **Paul Levy** is een tweede bekende autobiografie [41]. Hij beschrijft hoe zijn ideeën over wiskunde en filosofie ontwikkeld zijn. Op enkele plaatsen vertelt hij iets over zijn beleving van wiskunde. Eer is voor hem belangrijk. Hij schrijft veel over zijn eigen prestaties en zijn (gekrenkte) eer. Een voorbeeld: “(Over een stelling die Cesàro in 1906 heeft gepubliceerd:) je veux espérer qu’on me croira quand je dirai que je le connaissais dès 1902. (...) Je n’avais qu’à le publier plus tôt et l’histoire ne peut que constater que je ne l’ai pas fait. Mais j’en ai souvent eu des regrets. Pour parler comme un psychanalyste, je suis encore aujourd’hui un peu complexé par ces regrets et désire me défouler en les racontant [41, blz. 11]”. Over schoonheid van wiskunde zegt Levy het volgende: “Je suis persuadé que, dans l’intuition, il y a (...) bien souvent un sentiment esthétique. Une théorie vraie a une certaine harmonie qu’une théorie fausse ne saurait avoir [41, blz. 155]”. Hiernaast een foto van Levy.<sup>7</sup>



Er zijn vele **biografieën** over wiskundigen. Constance Reid heeft een aantal biografieën geschreven, onder andere over Hilbert, Courant en Neyman ([54], [55], [56]). Dirk van Dalen heeft recentelijk een biografie geschreven over Brouwer [13]. Paul Hoffman schreef een biografie over Erdős [32]. Ze geven een schat aan informatie. Toch zijn ze voor mijn scriptie over het algemeen niet zo bruikbaar, omdat persoonlijke ervaringen niet uit de eerste hand worden verteld.

---

<sup>6</sup>De foto is te vinden op <http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Hardy.html>  
<sup>7</sup>Zie [http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Levy\\_Paul.html](http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Levy_Paul.html)

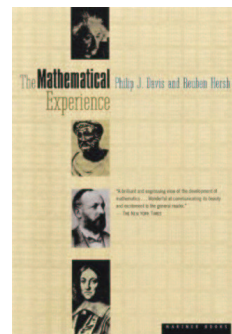
Artikelen waarin Nederlandse wiskundigen vertellen over hun beleving waren nauwelijks te vinden. In het **Nieuw Archief voor Wiskunde** staan er een paar. Hugo Brandt Cortius (wiskundige, publicist en taalkundige) heeft in 2003 geschreven over de schoonheid en het genot van wiskunde ([9], zie ook [46]). Als zevenjarige jongen maakte hij kennis met het bewijs dat er geen grootste priemgetal kan zijn. Hij schrijft hierover: “Ik was opgewonden, verrast, getroffen, ontroerd zoals later nooit meer”. De wiskunde op de middelbare school vond hij niet leuk: “Ik hield van meetkunde en vond dat de analytische meetkunde daar alle aardigheid uit wegnam”. Op de universiteit moest hij eraan wennen dat hij niet meer zo’n uitblinker was als op de middelbare school. Toch heeft hij naar eigen zeggen een ‘zalige wiskundestudie’ gehad.



Klaas Landsman (hoogleraar in de mathematische fysica en tevens geïnterviewde in dit afstudeeronderzoek) schrijft in het artikel ‘Hoe geef ik een wiskundige voordracht?’ dat veel voordrachten van wiskundeonderzoekers voor hem onbegrijpelijk zijn [37]. Dit komt onder andere door slechte presentatietechnieken, zegt hij. Pas sinds kort is hij zich ervan bewust dat het niet (alleen) aan hemzelf ligt dat hij zoveel voordrachten niet begrijpt. Zie ook paragraaf 5.6.1.

Ook niet-Nederlandse wiskundigen lijken weinig artikelen te schrijven over hun beleving van het vak. Op het internet staan veel citaten, maar deze zijn kort en fragmentarisch. Ik heb één boek gevonden waarin een wiskundige iets vertelt over zijn emoties, namelijk ‘The beauty of doing mathematics’ van Serge Lang ([38]). Het is een bundeling van drie van zijn lezingen voor een publiek van leken. Lang: “I do mathematics to prove to myself that I am capable of meeting this challenge, and win it [38, blz. 5]”. Als iemand uit het publiek vraagt waar wiskunde goed voor is, antwoordt hij: “It’s good to give chills in the spine to a certain number of people, me included. I don’t know what else it is good for, and I don’t care [38, bl 49]”.

Er bestaan veel beschouwingen over wiskunde. Bijvoorbeeld de klassieker **The Mathematical Experience** van Philip Davis en Reuben Hersh [15]. Daarin wordt een aantal wezenskenmerken van wiskunde behandeld. De volgende vragen komen aan de orde: wat is wiskunde, hoe ontstaat wiskunde, hoe verhoudt wiskunde zich tot de wereld om ons heen, hoe kan wiskunde worden overgedragen. Het boek is leesbaar voor niet-wiskundigen.



De auteurs schrijven alleen in het algemeen over de beleving van een wiskundige. Dat is goed te zien in het volgende voorbeeld. Om wiskundigen een spiegel voor te houden, schetsen de auteurs een aantal eigenschappen van de ‘ideal mathematician’ [15, blz. 34 – 36]. Hiermee bedoelen ze ‘the most mathematician-like mathematician’. Deze ideale wiskundige is zeer toegewijd aan zijn wiskundig werk. Zijn wiskundige onderzoeksobjecten zijn even realistisch voor hem als de wereld om ons

heen. Het liefst praat hij er de hele tijd over. Zijn leven is succesvol als hij nieuwe eigenschappen van zijn onderzoeksobject ontdekt. De auteurs zeggen zich (gedeeltelijk) te herkennen in deze algemene karakterschets, maar ze vertellen geen individuele ervaringen [15, blz. 43]. Davis en Hersch schrijven eveneens in algemene termen over de schoonheid en de zin van wiskunde [15, blz. 68–72]. Zie paragraaf 5.3.2 voor een ander fragment.

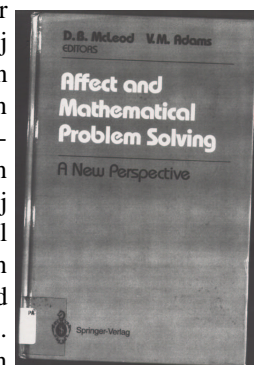
### 4.2 Psychologie en sociologie

Over de beleving van wiskundigen bij het bedrijven van wiskunde heb ik vrijwel geen psychologische literatuur gevonden. Wel is er het een en ander geschreven over de beleving van niet-wiskundigen, zoals bijvoorbeeld schoolkinderen.

Niet goed zijn in wiskunde blijkt bij scholieren en studenten heftige negatieve emoties te kunnen oproepen. Een aantal engstalige auteurs neemt dit fenomeen heel serieus. Al in 1978 publiceerde de feministe Sheila Tobias in de Verenigde Staten **Overcoming Math Anxiety** [64]. Daarin beschrijft ze hoe mensen angst voor wiskunde kunnen ontwikkelen. Sheila Tobias gelooft dat miljoenen Amerikanen bang zijn voor wiskunde, met name vrouwen. Het wiskundeonderwijs in de Verenigde Staten werkt die angst volgens haar in de hand: het is te prestatiegericht, er is te weinig ruimte voor vermoedens en onzekerheid, en er heerst teveel een sfeer waarin leerlingen bang zijn door hun klasgenoten of door de docent te dom of te slim te worden gevonden [64, blz. 39, 51, 53, 62, 64–65, 128] (zie ook [12] en [43]).



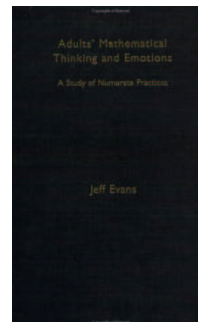
**Affect and Mathematical Problem Solving**, geredigeerd door D.B. McLeod en V.M. Adams, gaat over de rol van *affect* (vrij vertaald: emoties) bij het oplossen van wiskundige problemen [43]. Het is een bundeling van wetenschappelijke artikelen. In drie van de artikelen staat relevante informatie voor deze scriptie. Verna M. Adams schreef het artikel 'Affective Issues in Teaching Problem Solving: A Teacher's Perspective' [1]. Zij heeft een aantal aankomende basisschooldocenten hun gevoel en gedachten laten opschrijven bij het maken van huiswerk in wiskunde. In het artikel rapporteert ze welke emoties genoemd werden. Dit waren frustratie, tevredenheid, opluchting en trots. Frustratie kwam verreweg het vaakst voor. Edward Silver en Wendy Metzger schreven 'Aesthetic Influences on Expert Mathematical Problem Solving' [59]. Zij laten zien dat wiskundigen zich soms laten leiden door esthetische over-





wegingen bij het oplossen van problemen. Douglad B. McLeod is de auteur van ‘The Role of Affect in Mathematical Problem Solving’ [44]. Hij schrijft dat er (in 1989) nog nauwelijks onderzoek gedaan is naar emoties bij het bedrijven van wiskunde wegens gebrek aan een geschikt theoretisch kader.

**Adults’ Mathematical Thinking and Emotions** van Jeff Evans is van recentere datum, namelijk 2000 [19]. Ook Evans houdt zich bezig met de rol van emoties bij het oplossen van rekenkundige (respectievelijk eenvoudige wiskundige) problemen. Hij onderzoekt hoe negatieve emoties als angst belemmerend kunnen werken. Hij beperkt zich daarbij tot volwassenen. Helaas is zijn werkwijze mij niet helemaal helder geworden en kan ik zijn redeneringen niet goed volgen.



Literatuur over de relatie tussen wiskundige prestaties en gevoel van eigenwaarde heb ik niet gevonden. Een paar recente uitspraken van verschillende mensen hadden me doen geloven dat deze kunnen samenhangen. De burgemeester van Nijmegen, die een toespraak hield op het 39<sup>e</sup> Mathematisch Congres, opende als volgt: “Ik had een drie voor wiskunde op het gymnasium b en zie waar ik ben gekomen [46]!” Ze toonde zich dus trots dat ze het ver had geschopt ondanks haar falen in wiskunde. Toch is het niet erg realistisch om wiskundige prestaties in verband te brengen met carrièrekansen als bestuurder.

Zou die drie voor wiskunde haar het gevoel hebben gegeven dat ze dom was en het daarom niet ver zou schoppen in de maatschappij? Een tweede voorbeeld. Twee onderzoekers in de sociale wetenschappen vertelden me, toen ik zei dat ik wiskunde studeerde, dat ze ‘te dom’ waren om onderzoek in wiskunde te gaan doen en dat ze daarom maar sociaal wetenschappelijk onderzoek zijn gaan doen.

Literatuur over de persoonlijkheid en psychische gesteldheid van wiskundigen was niet te vinden. In de kunst lijkt men het wel te weten: wiskundigen worden vaak afgebeeld als mensen met psychische problemen [68, blz. 2]. Er is veel geschreven over de persoonlijkheid van hoogbegaafden, maar het is mij niet duidelijk geworden of de meeste wiskundigen hoogbegaafd zijn.

Tenslotte heb ik nog een sociologisch getinte bewering opgetekend van Jan Veldhuis (voorzitter van het College van de Bestuur van de Universiteit Utrecht) en Jeroen Torrenbeek (directeur van Bureau Buitenland van de Universiteit Utrecht). Zij beweren dat plattelandskinderen vroeger een moeilijke studie als wiskunde gebruikten om een treetje te stijgen op de maatschappelijke ladder.<sup>8</sup> Zie ook paragraaf 5.2.5.

<sup>8</sup>Zij hebben dit mondeling aan mij verteld en later ook op papier gezet ten behoeve van deze scriptie.

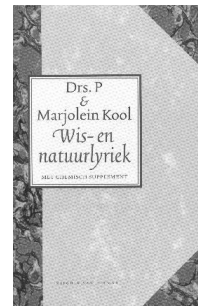
### 4.3 Kunst

Kunst gaat over menselijke ervaringen. Daarom zijn ook romans, gedichten en films betrokken bij dit literatuuronderzoek.

Jan Terlouw is natuurkundige en romancier. In **De derde kamer** beschrijft hij de belevenissen van acht parlementariërs [63, blz. 86–88]. Eén van hen is de wiskundige Lotte, die met haar ‘koele, analytische benadering’ moeite heeft om in de groep te functioneren. Een terugblik op haar tijd als wiskundige: “Vraag Lotte wanneer ze het gelukkigst is geweest en ze zal terugdenken aan de stille avonden — een grote pot thee op het komfoortje — waarin ze de extase beleefde van het begrip, van het doorschouwen. Wiskunde kan een taaie rakker zijn, een onbarmhartig tegenstander, die pas opgeeft als een scherp verstand tot het uiterste wil gaan. De strijd met een mathematisch probleem kan zijn als wat de topatleet doormaakt: alleen wanneer hij tot de grens gaat, als hij zijn lichaam kastijdt, als hij bereid is de felle pijn van uitputting te voelen, kan hij het record breken. Zo kan ook de worsteling zijn met het nog onbegrepene, met de oplossing die zich schuil houdt in de weerbarstige formules. En even groot als de vreugde om het verbeterde record kan de bevrediging zijn van de vorser als de natuur haar geheim prijs geeft, of als de manipulaties met de abstracte theorie leiden tot een ordelijke mathematische rangschikking, waarin iedere term een heldere, begripschenkende betekenis heeft. (...) Lotte heeft heel wat van deze eenzame hoogtepunten beleefd, momenten waarop ze moest gaan staan en heel diep ademen, omdat haar gemoed volstroomde van diepe bevrediging [63, blz. 86,87]”.



Marjolein Kool en Drs. P hebben een gedichtenbundel gemaakt over wiskunde en natuurkunde, genaamd **Wis- en natuurlyriek** [48]. Marjolein Kool is wiskundige. Er staan grappige gedichten in over wiskunde en wiskundigen, maar de beleving van wiskundigen wordt niet diepgaand beschreven. In paragraaf 5.7.4 wordt één van de gedichten geciteerd.





In de film **A beautiful mind**, geregisseerd door Ron Howard, wordt de belevingswereld van de wiskundige John Nash in beeld gebracht [7] (zie ook [45]). Zijn geest wordt beheerst door cijfermatige patronen die hij overal ontdekt. Hij lijdt aan schizofrenie. Worstelend zoekt hij een evenwicht tussen gevoel en verstand.



Sanne van Rijn, theatermaakster van het gezelschap ZTHollandia, heeft in de theatervoorstelling **Langzaam tot nul** het beleven van wiskunde in beeld gebracht. Deze voorstelling was te zien in de zomer van 2003, onder andere in theater 'De brakke grond' in Amsterdam [39]. De theatermakers (zelf geen wiskundigen zoals bleek uit het nagesprek) voeren twee uitdrukingsloze personages op. Deze draaien ballen rond op een bord en gooien ze over. Dat doen ze gedurende de hele voorstelling. Ze hebben geen oogcontact of verbaal contact. Volgens de programmaprofolder wordt er geprobeerd door middel van getallen, vormen en verbanden 'los te komen van de mens en zijn sociale omgeving'. Het doel is om troost te vinden in het 'onverschillige universum'. Wiskunde wordt hier dus ingezet om los te komen van gevoel. Wiskundigen komen er bekaaid vanaf: ze lijken volledig contactgestoord. Hiernaast een foto uit de voorstelling.<sup>9</sup>



In elk van bovenstaande boeken, in de film en in de theatervoorstelling worden vooroordelen over wiskundigen bevestigd: wiskundigen zijn rationeel, gek, autistisch. Dit blijkt algemeen te gelden. Wiskundigen worden in romans, films en gedichten vaak op een stereotype manier afgebeeld. Deze conclusie trekken verschillende onderzoekers ([68], [22, blz. 66, 68 - 69], [67], [22, blz. 66-69]). Zie paragraaf 5.4.1 voor een verdere bespreking.

<sup>9</sup>Deze foto is te vinden op de webpagina van ZTHollandia: [www.zthollandia.nl](http://www.zthollandia.nl)

### 4.4 Conclusie

De oogst van dit literatuuronderzoek is een palet aan onderwerpen, die belangrijk zijn in de beleving van één of meerdere wiskundigen.

Wiskunde kan je diep raken en je leven beheersen, laat Andrew Wiles zien. Wiskunde kan enorme voldoening geven, bijvoorbeeld tijdens momenten van plotseling inzicht. Er is eeuwige roem mee te behalen. Maar wiskunde kan je leven ook ruïneren. Wiles ging door een hel toen er fouten waren gevonden in de eerste versie van het bewijs van het Laatste Vermoeden van Fermat. Wiskunde roept een gevoel van schoonheid op, zeggen vele wiskundigen in interviews en eigen geschriften. Niet alle wiskundigen vinden hetzelfde mooi. Persi Diaconis geniet van toepassingen en heeft niets met abstracte wiskunde. Voor Paul Halmos is het precies andersom. Voordrachten van wiskundeonderzoekers zijn vaak moeilijk te volgen en dat is frustrerend, zegt Klaas Landsman. Wiskunde gaat samen met gevoelloosheid, beweren de theatermakers van 'Langzaam tot nul'. Wiskunde kan hevige angst oproepen, zegt een aantal psychologen.

Het is een karige oogst na een lange zoektocht. Er zijn heftige emoties en interessante onderwerpen aan het licht gekomen, maar ze worden kort en weinig diepgaand besproken. Sociaal-wetenschappelijke literatuur over belevingen van wiskundigen lijkt er vrijwel niet te zijn. In de kunst overheersen stereotype beelden. Kortom, een samenhangend en genuanceerd verslag van de wiskunde-beleving van wiskundigen is niet gevonden.

Zouden wiskundigen wel over de beleving van wiskunde willen schrijven, maar wagen de meesten zich hier niet aan? Er zijn behoorlijk wat titels van boeken en artikelen, die naar de beleving van wiskunde verwijzen. Bijvoorbeeld 'The joy of mathematics' van Theoni Pappas en 'The Mathematical Experience' van Philip Davis en Reuben Hersh ([49], [15]). Maar deze boeken gaan inhoudelijk gezien vooral over wiskunde.<sup>10</sup>

Dat kunstenaars op zoek gaan naar extremen in de geest van een wiskundige, is begrijpelijk. Maar hoe is het mogelijk dat sociaal-wetenschappers geen onderzoek hebben gedaan naar persoonlijkheidskenmerken van wiskundigen (althans voor zover ik kan nagaan)? Zou de populatie wiskundigen te klein zijn om in aanmerking te komen voor onderzoeksgeld? Is het onderwerp te specialistisch?

Misschien bestaat er wel een analyse van belevingen van wiskundigen, maar heb ik deze niet kunnen vinden. Sociaal-wetenschappers zouden deze misschien wel kunnen vinden. Zij kennen ongetwijfeld betere trefwoorden om catalogi door te zoeken (zie paragraaf 3.2 voor de trefwoorden die ik heb gebruikt).

Er zijn belangrijke onderzoeksvragen die niet worden beantwoord: welke belevingen delen wiskundigen, waarin verschillen ze van elkaar, in hoeverre hebben ze allemaal positieve en negatieve belevingen ten opzichte van wiskunde, hoe hangen verschillende belevingen samen bij een individuele wiskundige? Door middel van interviews heb ik geprobeerd zelf antwoorden op deze vragen te verzamelen.

---

<sup>10</sup>'The joy of mathematics' is in dit hoofdstuk niet besproken, omdat het alleen wiskundige puzzeltjes bevat.

## 5 De interviews

Dit hoofdstuk vormt de kern van deze scriptie. Het beslaat zo'n tachtig bladzijden en is opgedeeld in zeven paragrafen (5.1 t/m 5.7). Elke paragraaf behandelt een thema.

In de eerste vijf paragrafen zijn de interviews te vinden. Elk interview is ingedeeld bij een thema waar de geïnterviewde met verve over heeft verteld, of waar de geïnterviewde als één van de weinigen over heeft gesproken. Intermezzo's tussen de interviews geven een overzicht van belevingen van wiskundigen rondom het betreffende thema. Deze intermezzo's zijn gebaseerd op uitspraken van alle geïnterviewden, op literatuur en op mijn eigen ervaringen. Ook wordt er een poging gedaan de belevingen te ordenen en duiden. De laatste twee paragrafen bevatten geen volledige interviews.

In de interviewteksten komt een aantal onderwerpen niet aan bod dat de geïnterviewde wel genoemd heeft. De betreffende uitspraken zijn wel meegenomen bij het turven van uitspraken van geïnterviewden over een bepaald onderwerp. In paragraaf 6.4.3 staat bijvoorbeeld dat tien van de zeventien geïnterviewden positieve kenmerken van wiskundestudenten of wiskundigen in het algemeen noemen. Toch is dit onderwerp niet in tien interviewteksten terug te vinden. Daarvoor bood deze scriptie geen plaats.

De titels van de interviews bevatten uitspraken van de geïnterviewden over het thema van de betreffende paragraaf. Ze geven inhoudelijk gezien structuur aan de paragraaf. Ze zijn gekozen omwille van de plaats in de scriptie en hebben niet de pretentie 'de belangrijkste boodschap' van de geïnterviewde te bevatten.

In dit hoofdstuk is gekozen voor een ruime definitie van het woord 'wiskunde'. Ook schoolwiskunde wordt hiertoe gerekend, evenals bijvoorbeeld toepassingsgerichte wiskunde en statistiek. Het woord 'wiskundestudie' is in dit hoofdstuk een verzamelnaam voor universitaire opleidingen als 'wiskunde', 'wiskunde en statistiek', 'toegepaste wiskunde', 'technische wiskunde', 'bedrijfswiskunde' en 'bedrijfs- en industriële statistiek'.

## **5.1 Verleiding en verlating**

WAARUIT BESTAAT DE VERLEIDING VAN  
WISKUNDE? EN WAT GEBEURT ER ALS DE  
LIEFDE OVERGAAT?

### 5.1.1 Frans Oort: fascinerend dat je verder kunt komen enkel door na te denken.



#### Wiskundig curriculum vitae:

1952-1958

studie wiskunde aan de Universiteit Leiden

1958-1961

promotie bij W.T. van Est (Leiden), J.P. Murre (Leiden), A. Andreotti (Pisa), J-P. Serre (Parijs)

1961-1977

werkzaam aan Universiteit van Amsterdam, de laatste tien jaar als hoogleraar

1977-2000

hoogleraar in de zuivere wiskunde aan de Universiteit Utrecht

2000-heden

emeritus hoogleraar

“Al heel jong wist ik dat ik wiskundige wilde worden. Wiskunde leefde in ons gezin, omdat mijn vader wiskundige was. Op school trok wiskunde me, ik was er goed in en leerde het spelenderwijs. Wat me het meest trok in wiskunde, is dat je verder kunt komen enkel door na te denken. Dat vind ik nog steeds fascinerend.

“Op de middelbare school kon ik niet wachten te beginnen met de wiskundestudie aan de universiteit. Maar toen ik eenmaal in Leiden begonnen was, viel het erg tegen. De nadruk lag op het reproduceren. We kregen alleen maar college en maakten nooit vraagstukken. Ik vond reproduceren niet leuk. Ik was er ook helemaal niet zo goed in. Zesjes, zeventjes voor tentamens. Mijn kracht ligt veel meer in het zelf ontdekken.

“Ook vond ik het studeren in Leiden niet leuk. Ik voelde me eenzaam. Met studiegenoten had ik weinig echt contact. In het begin van mijn studie heeft de hoogleraar Haantjes mij gestimuleerd. Hij was bovendien erg op de mens ingesteld: hij kende alle eerstejaars persoonlijk. In mijn latere studie heeft de hoogleraar Kloosterman wiskundig en persoonlijk een diepe indruk op mij gemaakt.

“Als afstudeeronderwerp koos ik voor elliptische krommen. Ik vind dat nog steeds een fantastisch onderwerp. Ik vind het een fascinerend idee dat je met abstracte, algebraïsche technieken wat kunt zeggen over een meetkundige verzameling. Ik heb dat onderwerp in die tijd overigens zelf uit de boeken opgedoken. Ik had er nooit college over gehad. Er was ook niemand die het afstuderen begeleidde. Dat was toen niet de gewoonte. Dat heb ik wel gemist.

“Na mijn studie heb ik een promotieonderwerp gevraagd. Mijn begeleider heeft me toen een veel te moeilijk probleem gegeven. Hij wist zelf ook niet waar te beginnen. Ik heb een jaar lang zitten staren en niets gedaan. Ik voelde me totaal machteloos.

“Na dat jaar ging het gelukkig bergopwaarts. Ik ging naar Italië, waar Aldo Andreotti me ging begeleiden. Hij had een weergaloos gevoel voor wiskunde en voor de elegantie van wiskunde. En hij heeft me precies het goede onderwerp gegeven. Bij hem kon ik aan iets werken waar ik vat op had. Het lukte me iets te bewijzen wat nog onbekend was. Vervolgens ben ik voor een jaar naar Parijs gegaan, waar Jean-Pierre

Serre me begeleidde. Een fantastische tijd. Bij elk onderwerp had hij een hele gedachtenwereld aan ideeën en voorbeelden, hij wist precies hoe alles samenhangt. En hij stond wiskundig gezien met beide benen op de grond: hij voelde aan wanneer iets niet klopte en schudde dan meteen een tegenvoorbeeld uit zijn mouw.

“Serre heeft een grote eerbied voor wiskunde. Als hij zelf iets niet goed doet, of als een ander iets niet goed doet, dan reageert hij daar heel geschokt op: ‘Hoe kun je?’ Lees maar wat hij in een interview zegt [53]: ‘... *wrong statements make me almost physically sick. I can’t bear them. When I hear one in a lecture I usually interrupt the speaker, and when I find one in a preprint, a paper or in a book I write to the author (or, if the author happens to be myself, I make a note in view of a next edition)*’. Zo iemand als hij vindt de waarheid belangrijker dan zichzelf, dan zijn eigen ego. Dat waardeer ik erg. Later heb ik gemerkt dat er ook wiskundigen zijn, zelfs grote wiskundigen, die zonder voorbehoud beweringen als waarheid poneren, terwijl ze ze niet kunnen onderbouwen. Dat doet de wiskunde geen recht.

“Ik heb een natuurlijke affiniteit voor het grensvlak tussen algebra, getaltheorie en meetkunde. Algebraïsche stellingen kunnen een enorme kracht hebben. Analyse heeft voor mij een minder duidelijke structuur. Lineaire analyse vond ik bijvoorbeeld doodsaai. Een analytisch bewijs draaide er zo ongeveer altijd op uit dat je een heel moeilijke integraal moet berekenen. Met allerlei trucs hak je die in stukken. Het ene stukje bereken je zus, het andere stukje zo. Maar tenslotte voel je nog niet aan waarom het goed is. Ik heb nooit een *Aha-Erlebnis* bij analytische bewijzen. Bij analyse voel ik me nog steeds een buitenstaander. Algebraïsche bewijzen geven mij vaak veel meer inzicht. Bij veel bewijzen denk ik: ja natuurlijk, wat is het verschrikkelijk mooi.

“Ik heb een tijd geleden zeven jaar lang aan een probleem gewerkt. Ik heb me er eigenlijk als een grommende hond in vastgebeten. Bijna niemand begreep waar ik mee bezig was, sommigen verklaarden me zelfs voor gek. Maar ik weet nog precies het moment dat ik plotseling een idee kreeg en me realiseerde: ‘Dit moet de sleutel zijn!’ Ik vertelde het aan Johan de Jong, die bij me is gepromoveerd. Hij stond als aan de grond genageld. Hij zei: ‘Ja natuurlijk, Frans, dat we dat al die tijd niet gezien hebben!’ Ik liet hem stukjes van het bewijs zien. Johan: ‘We moeten een voorbeeld doorrekenen om te testen of het werkt. Mag ik erbij blijven?’ Ik zei: ‘Ja, natuurlijk’. Ik ging zitten en rekende binnen een kwartier dat hele voorbeeld door. Er kwam exact uit wat eruit hoorde te komen! Toen waren we ervan overtuigd dat het goed was.

“Het is achteraf gezien een fantastisch bewijs geworden. Het is getrukt in zekere zin, maar eigenlijk ook zo volstrekt natuurlijk. Het pakt precies de essentie van het probleem aan.

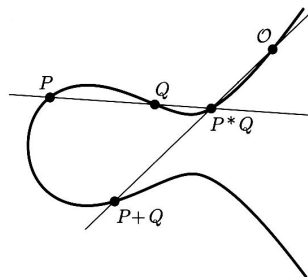
“Toen ik zo jaren lang vast zat, realiseerde ik me dat ik het misschien wel nooit zou oplossen en daar had ik vrede mee. Toen de puzzel toch in elkaar viel, was het een fantastische ervaring.

“Rond mijn vijfendertigste heb ik overwogen om te stoppen met wiskunde. Mijn hoofdreden was dat ik het een eenzaam beroep vond. Je zit een groot deel van je werkzame leven in je eentje op een kamer. Ik was zelfs in mijn eigen specialisme lange

tijd een *Einzelgänger*. In Amsterdam heeft heel lang niet één van mijn collega's begrepen waar ik mee bezig ben. Ik vond het jammer dat ik in Nederland niet gezien werd als iemand die aan iets leuks aan het werken is. Ook kun je aan de buitenwereld nooit duidelijk maken wat je doet. In je hoofd gebeurt er iets moois. Maar de maatschappij en je vrienden hebben daar totaal geen idee van. Daar komt bij dat bijna iedereen in onze maatschappij 'bah' zegt tegen wiskunde. Vaak storten mensen ook meteen hun eigen verhaal over je uit als je vertelt dat je wiskundige bent: hoe slecht ze behandeld zijn door hun wiskundeleraar en dat ze er nooit iets van begrepen hebben.

“Uiteindelijk heb ik toch besloten om wiskundige te blijven. Omdat ik het gewoon heerlijk vind om te doen. Maar ik ben me sindsdien wel intensiever gaan bezighouden met vrijwilligerswerk en muziek, dingen waarbij ik me minder eenzaam voelde. Ik heb uiteindelijk een evenwicht gevonden tussen deze drie activiteiten.

“Sinds mijn zestiende ben ik in mijn hoofd eigenlijk altijd met wiskunde bezig. Als ik even nergens op geconcentreerd hoef te zijn, duikt het op: ‘O ja, wat was ik ook weer aan het doen?’ ’s Ochtends in bad bijvoorbeeld. Heerlijk. Ik word ook wel eens 's nachts wakker en ga een half uurtje wiskunde doen. Daarna slaap ik weer tevreden verder. Alleen als ik op vakantie ga, beslis ik van tevoren of ik het knopje uitzet of niet.”



Figuur 1: *Frans Oort: “Op een elliptische kromme (een vlakke kromme van graad 3, die niet-singulier is) kunnen we ‘optellen’. Deze combinatie van meetkunde (een kromme) en algebra (optellen) vind ik fascinerend. Dit ligt bijvoorbeeld aan de basis van het bewijs van Andrew Wiles van de Laatste Stelling van Fermat [60, fig. 1.6, blz. 19]”.*

### 5.1.2 Eduard Looijenga: er is zoveel mooie wiskunde.



#### Wiskundig curriculum vitae:

1965-1971  
studie wiskunde aan de Universiteit van Amsterdam  
1971-1974  
promotie bij N.H. Kuiper, Institut des Hautes Etudes Scientifiques in Bures-Sur-Yvette (Frankrijk)  
1973-1974  
post-doc aan de Universiteit van Amsterdam  
1974-1975  
post-doc aan de University of Liverpool  
1975-1987  
hoogleraar aan de Katholieke Universiteit Nijmegen  
1987-1990  
hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam  
1991-heden  
hoogleraar meetkunde aan de Universiteit Utrecht

“Wiskunde was op de middelbare school een liefde voor mij. Als eersteklasser maakte ik kennis met Euclidische meetkunde. Vooral het idee van een axiomatische opbouw maakte grote indruk. Prachtig om te kunnen spelen met begrippen. Ook de differentiaalrekening, die we later kregen, vond ik mooi. Ik was gefascineerd door het feit dat je er alledaagse problemen mee kon oplossen, zoals bijvoorbeeld het berekenen van een kogelbaan. Voor mij was het hoogtepunt van wiskunde op de middelbare school de afleiding van de wetten van Kepler uit de gravitatie wetten van Newton. Dat vind ik nog steeds één van de toppen van de westerse beschaving. Ik vind eigenlijk dat iedereen daar kennis van zou moeten nemen.

“In de loop van mijn leven heb ik mezelf steeds in een hogere categorie kunnen plaatsen. Op de lagere school was het niet duidelijk dat ik naar de HBS zou mogen. Ik haalde toch het toelatingsexamen. En later ook het eindexamen. Daar was ik heel trots op. En nog trotser was ik toen ik naar de universiteit mocht. Ik rommelde wat door het eerste studiejaar heen - het was 1965, andere dingen hadden mijn aandacht - maar in het tweede studiejaar begon ik hoge cijfers te halen, hoger zelfs dan die van de medestudenten van wie ik dacht dat ze beter waren dan ik. Toen kreeg ik de smaak te pakken. Ik wilde graag promoveren, maar was er tijdens mijn studie niet zeker van of ik wel goed genoeg was. Misschien komt dat ook een beetje door mijn calvinistische achtergrond. Toch kreeg ik uiteindelijk een promotiebeurs van het ZWO, dat is nu het NWO.

“Bij het schrijven van het proefschrift voelde ik wel een prestatiedruk. Ik had maar een beurs gekregen voor één jaar. Ik had aanvankelijk het gevoel dat ik het proefschrift dan ook in één of twee jaar moest schrijven. Ondanks die druk en ondanks het feit dat ik weinig begeleiding heb gekregen van mijn promotor —die had daar geen tijd voor—, pakte mijn promotie uiteindelijk goed uit. Maar ook na de promotie was ik er



nog niet zeker van of ik wel genoeg kwaliteiten had wiskundige te worden. Ik maakte me zorgen of ik er wel toe in staat zou zijn om elk jaar iets interessants op te schrijven. Ook die tijd als post-doc was dus onzeker. Je hebt zoveel tijd voor je onderzoek, maar weet in het begin niet zo goed wat je daar nou mee aan moet.

“Er is één vermoeden waar ik me heel bewust voor inspande, het Zuckervermoeden. Ik nam er in 1986 kennis van; ik heb het niet zelf geformuleerd. Ik kan niet uitleggen waarom, maar ik was ervan overtuigd dat het vermoeden klopte. Natuurlijk had ik de uitspraak geverifieerd in eenvoudige gevallen, maar die gevallen boden eigenlijk onvoldoende houvast om in het vermoeden als geheel te geloven. Ik was vol vertrouwen dat ik het vermoeden zou gaan oplossen, ware het niet linksom, dan rechtsom. Het derde me niet dat andere wiskundigen van naam, van grotere naam, ermee bezig waren. Ik geloofde dat zij er op een andere manier mee bezig waren. En ik had een eigen kijk op de materie. Dat overkomt je natuurlijk niet iedere dag, dat je denkt: ik ga dat probleem oplossen. Ik zeg wel eens tegen mijn aio's: 'In het dagelijks leven kun je pessimist zijn, maar als wiskundige moet je optimistisch zijn. Je moet ervan overtuigd zijn dat je een probleem gaat kraken, anders lukt het gewoon niet'. Ik had op dat moment een aantal artikelen gepubliceerd in goede tijdschriften, dus die publicatiedrang was er even niet. Daarom kon ik er tijd voor apart zetten.

“Er stond me een bepaalde manier voor ogen om het vermoeden te bewijzen. Toch bleken de technieken die ik had me wel enigszins te helpen, maar niet toereikend te zijn. Maar als je al een half jaar aan zoiets hebt besteed, wil je voor jezelf niet toegeven dat je al die tijd verspild hebt. Ik heb doorgezet en het over een andere boeg gegooid. Gelukkig lukte het in een redelijke tijd. Het kostte me uiteindelijk een jaar en dat valt nog wel mee.

“Het geeft een enorme *kick*, een enorme satisfactie, maar *kick* is misschien nog wel een beter woord, als je zo'n probleem oplost. Toch was ik in het begin terughoudend. Ik kreeg veel uitnodigingen om voordrachten te geven, maar heb ze allemaal afgehouden. Ik wilde eerst voor mezelf heel zeker weten dat het helemaal goed was. Ik was toen namelijk al niet meer een jonge wiskundige en was me er goed van bewust wat voor fouten je kunt maken. Als ik iets bewezen heb, ben ik wel blij, maar tegelijkertijd weet ik dat ik de plank misschien ook wel erg misgeslagen heb. Ik ben er pas van overtuigd dat ik iets echt bewezen heb als ik het op schrift hebt staan.

“Ik wil weten waarom de dingen zijn zoals ze zijn. Dat is naar mijn gevoel een heel fundamenteel verlangen, wat zich niet tot andere laat reduceren. Het is eigen aan de mens, of misschien alleen aan de westerse beschaving, om te willen weten hoe iets in elkaar zit. Wat waar is, is niet zo belangrijk. Ik wil begrijpen waarom iets zo is. Dat het vierkleurenprobleem een jaar of vijfentwintig geleden met de computer is opgelost, bevredigt niet, omdat het nog steeds onbegrepen is. Ik wil doorgaan tot ik heb begrepen waarom iets is zoals het is.

“Als ik sommige vragen zelf niet kan beantwoorden, zie ik die nog wel graag beantwoord. Ik schrijf, omdat ik hoop dat anderen verder gaan op de wiskunde die ik heb ontdekt. Ik ben er diep van overtuigd dat wiskunde ontdekt kan worden, dat zij niet een uitvinding is van ons mensen. Het is er al. Als er collega's zijn op één of andere planeet

verderop, zullen zij met een wiskunde voor de dag komen die niet veel verschilt van wat wij hebben bedacht.

“Ik heb het trouwens altijd een mirakel gevonden dat er onder wiskundigen, hoe verschillend ze ook zijn, een hoge mate van consensus bestaat over wat belangrijk is en wat niet. Over wat de goede vragen zijn en wat de wat minder goede vragen zijn. Maar als je vraagt hoe je tot die vragen komt en waar ze vandaan komen, dan moet ik je het antwoord schuldig blijven.

“Wiskundige zijn is niet alleen wiskunde produceren, maar ook consumeren. Er is zoveel mooie wiskunde. Ook al gaat het onderzoek niet zo goed, dan is er nog veel moois om kennis van te nemen. Ik wil niet doodgaan voordat ik kennis heb genomen van een paar van de mooie dingen die mijn voorgangers hebben gevonden. Wiskunde is het waard om bestudeerd te worden. Bovendien leert de ervaring dat mooie wiskunde die je hebt begrepen, ooit wel eens van pas komt, direct of indirect.”

### 5.1.3 VERLEID DOOR SCHOONHEID

Uit alle interviews en uit de literatuur blijkt dat veel wiskundigen gedeeltes van de wiskunde prachtig vinden. De volgende aspecten worden door de geïnterviewden en in de literatuur geroemd om hun schoonheid:

- symmetrie en sommige meetkundige figuren
- een wiskundige theorie (respectievelijk stelling of bewijs) die eenvoud aanbrengt in complexiteit
- die inzicht geeft in de kern van een probleem
- die verrassend is
- die ingenieus is

Als één van deze aspecten in een stuk wiskunde ontbreekt, noemen sommigen het ‘minder mooi’, of zelfs ‘niet mooi’. Het zwaarst telt het ontbreken van het tweede en derde aspect. Men wil dat een theorie, stelling of bewijs bijdraagt aan het begrip van een bepaald probleem. Gian-Carlo Rota: “Mathematicians seldom use the word ‘ugly’; in its place, one finds such terms of disparagement as ‘clumsy’, ‘awkward’, ‘obscure’, ‘redundant’, and, in the case of proofs, ‘technical’, ‘auxiliary’, and ‘pointless’. But in actual fact, the most frequent expression of condemnation used by mathematicians is the rhetorical question: ‘What is this good for?’ [58, blz. 178].”

Bovenstaand rijtje doet vermoeden dat wiskunde drie soorten esthetische ervaringen kan oproepen: zintuiglijk genot (eerste aspect), genot door inzicht (tweede en derde aspect), bewondering (vierde en vijfde aspect). Wiskundigen gebruiken dus esthetische kwalificaties voor een hele verzameling aan ervaringen.

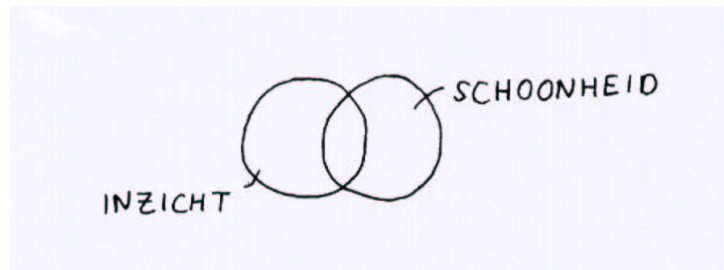
Esthetische belevingen worden op verschillende manieren uitgedrukt. De meningen verschillen over het feit of het woord ‘schoonheid’ op zijn plaats is in relatie tot wiskunde. Sommigen roemen de ‘geweldige schoonheid’ van wiskunde, anderen vinden ‘schoonheid’ een veel te groot woord. Tot de laatste groep behoren twee van de aio’s met wie ik proefinterviews heb gehouden. Zij zeggen geen hoge dunk te hebben van uitspraken over de schoonheid van wiskunde. Zij vinden dit maar ‘quasi-intellectueel geklets’ en ‘interessant-doenerij’. Ondanks het feit dat ook zij zeggen gedeelten van wiskunde ‘mooi’ te vinden, vinden ze het woord ‘schoonheid’ niet op zijn plaats.

Mijn docenten op de Universiteit Utrecht gebruikten meestal het woord ‘elegant’ als ze een esthetische kwalificatie gaven. Ze gebruikten het vaak als adjectief bij ‘bewijs’, als ze de methode van bewijzen waardeerden. Als ze het woord ‘mooi’ al in de mond namen, gebruikten ze dit over het algemeen als adjectief bij ‘stelling’. Gian-Carlo Rota is de enige auteur bij wie ik een omschrijving van beide begrippen heb gevonden. Hij vindt dat schoonheid gerelateerd is aan de inhoud en dat elegantie te maken heeft met de presentatie van wiskunde [58, blz. 177, 178]. Hij heeft dus een andere zienswijze dan mijn docenten, die het woord elegant gebruiken voor een bewijsmethode en niet zozeer voor de presentatie van een bewijs.

Er bestaat een sterke koppeling tussen inzicht en schoonheid. In de praktijk is inzicht meestal een noodzakelijke voorwaarde voor het ervaren van schoonheid. Pas als een wiskundige theorie of stelling betekenis krijgt, kun je deze mooi vinden.

In enkele bronnen wordt ook een omgekeerde relatie gelegd: gevoel voor schoonheid zou tot inzicht leiden. Edward Silver en Wendy Metzger hebben in een (kleinschalig) onderzoek onderzocht wat de rol is van esthetische argumenten bij het oplossen van wiskundige problemen. Zij lieten wiskundeonderzoekers problemen oplossen en vroegen hun of ze daarbij hun gedachten wilden uitspreken. Een aantal wiskundeonderzoekers gebruikte esthetische argumenten bij het zoeken naar oplossingsmethoden en bij het evalueren van gevonden oplossingen. Eén van hen zag bijvoorbeeld een algebraïsche oplossingsmethode voor een bepaald meetkundig probleem, maar hij vond dit geen elegante manier en weigerde hem uit te voeren. Hij wilde per se een meetkundige oplossing vinden, omdat die hem zou kunnen laten zien waarom het antwoord juist was [43, blz. 59–74]). Hij liet zich leiden door zijn gevoel voor schoonheid en vergrootte hiermee dus zijn kansen om inzicht te krijgen in de aard van het probleem. Gerespecteerde schrijvers als Henri Poincaré en Jacques Hadamard geloven zelfs dat iemand geen succesvolle wiskundige kan zijn zonder gevoel voor wiskundige schoonheid ([27] (geparafraseerd in [43, blz. 61]) en [52] (geparafraseerd in [43, blz. 60])).

Toch zijn belevingen van schoonheid en belevingen van inzicht niet altijd met elkaar verbonden. Symmetrische, meetkundige figuren kunnen mooi zijn zonder diep inzicht te geven. Er bestaan ook ervaringen van inzicht die geen esthetisch genot oproepen. Chris Zaal (mijn scriptiebegeleider): “Tijdens mijn studie was ik heel goed in logica. Maar ik vond er niets aan. Ik snapte ook niet wat logici er leuk aan vonden”.



Figuur 2: *Inzicht en schoonheid gevisualiseerd als twee verzamelingen met een niet lege doorsnede.*

Zelf had ik een gevoel van schoonheid bij het tweedejaarsvak topologie. Studeren leek toen op het bezichtigen van een museum. In mijn herinnering is dit de enige diepe schoonheidservaring die ik bij wiskunde heb gehad. Ik vond ook wel eens stellingen of bewijzen mooi in andere vakken, met name aanschouwelijke meetkundige stellingen en korte algebrabewijzen. Toch ging de ervaring nooit erg diep.

Schoonheid en inzicht gingen voor mij altijd samen. De topologische manier van redeneren vond ik glashelder. Ik had het idee de stof helemaal te begrijpen. De meetkundige stellingen die ik mooi vond, waren aanschouwelijk en dus ook begrijpelijk. De korte algebraïsche bewijzen die ik mooi vond, kon ik beter bevatten dan de langere bewijzen. Ik had dus pas een gevoel van schoonheid als ik de theorie (respectievelijk de stelling of het bewijs) goed begreep. Omgekeerd gaat mijn wiskundig talent niet zo diep dat ik me bij het oplossen van wiskundige problemen kan laten leiden door esthetische argumenten. Over het algemeen ben ik al blij als ik überhaupt een oplossingsmethode zie.

Aangezien mijn eigen esthetische ervaringen weinig diep gaan, vind ik 'schoonheid' een groot woord in relatie tot wiskunde. Het klinkt mij wat hoogdravend in de oren. Persoonlijk voel ik zelfs een zekere schroom om het woord 'mooi' te gebruiken. In de spreektaal zeg ik dat ik me met sommige gedeelten van de wiskunde met meer plezier bezighoud dan met andere. Ook mijn medestudenten praatten niet over 'schoonheid' en zelden over 'mooie wiskunde'.

Aan het begin van de afstudeerperiode twijfelde ik of de mensen die hoog opgeven over de 'schoonheid van de wiskunde' wel oprecht zijn. Ik heb dan ook kritisch geluisterd bij de interviews: geloofde ik de mensen wel als ze zeiden dat wiskunde voor hen grote schoonheid bezit? Mijn antwoord nu: ik geloof dat de mensen die ik hierover heb gesproken dit werkelijk zo beleven. Hun metaforen vond ik overtuigend: zowel Frans Oort als Henk Barendregt zeiden dat een wiskundig probleem een staat van verliefdheid bij hen kan oproepen. Dat is geen metafoor die je gebruikt als je zou willen opscheppen.

### 5.1.4 Henk Barendregt: ik ben verleid door de schoonheid.



#### Wiskundig curriculum vitae:

1965 - 1968  
studie wiskunde aan de Universiteit Utrecht  
1968 - 1971  
promotie in de grondslagen van de wiskunde bij D. van Dalen en G. Kreisel aan de Universiteit Utrecht  
1971 - 1972  
post-doc aan de Stanford University in Californië  
1972 - 1981  
wetenschappelijk medewerker wijsbegeerte van de wiskunde aan de Centrale Interfaculteit van de Universiteit Utrecht  
1981 - 1986  
hoofdmedewerker aan het Mathematisch Instituut van de Universiteit Utrecht  
1986 - heden  
hoogleraar grondslagen van de wiskunde en informatica aan de Katholieke Universiteit Nijmegen

“Tijdens mijn schooltijd ben ik een paar keer verleid door de schoonheid van wiskunde. Al op de kleuterschool had ik een paar intense ervaringen met rekenen. Ik kan me één van mijn eerste *Aha-Erlebnisse* nog goed herinneren. Mijn vader had me het optellen van getallen bijgebracht. Toen leerden we op school rekenen met de duizendkist, waarin eenheden kraaltjes zijn, tientallen staafjes, hondertallen plaatjes en duizendtallen kubussen van kralen. Je mag tien losse kralen wisselen voor een staafje enzovoorts. Opeens begreep ik waarom die algoritmische manier van optellen, waarbij je moet onthouden, klopte. Het gaf me een heel mooi gevoel intuïtief te begrijpen wat ik aan het doen was. Op de middelbare school werd ik vervolgens verleid door de schoonheid van de Euclidische meetkunde.

“Tijdens de studie merkte ik dat ik op een gegeven moment het spelletje wel gezien had. Ik had door hoe wiskunde werkte: je kunt iets uitzoeken, je kunt iets bewijzen, je kunt er verleid door worden enzovoort. Ik wilde iets anders. Het nieuwe vond ik in de grondslagen van de wiskunde. Ik wilde nadenken óver wiskunde. Via de logica ben ik uiteindelijk uitgekomen bij de Lambda calculus. Dat is een formele taal om algoritmes en bewijzen in weer te geven. Een open vraag waar ik me nu mee bezig houd, is hoe je een computer zo ver kunt krijgen dat hij een voor mensen begrijpelijk bewijs kan controleren.

“In de wiskunde, en ook in de meta-wiskunde waar ik nu mee bezig ben, vind ik het goede, het ware en het schone, zoals Plato dat noemde.

“Er zit iets goeds in hoe wiskundigen met elkaar omgaan. De meeste wiskundigen zijn bereid om hun ongelijk toe te geven. Ze kunnen een stapje terug doen van hun

eerdere opinies en de waarheid van de wiskunde als hoger erkennen. Ik had als eerstejaars een college van een hoogleraar. Eén van mijn medestudenten betwijfelde iets wat die hoogleraar had gezegd. Deze zei toen meteen: 'Je hebt gelijk, dankjewel.' Dat is typisch voor wiskundigen. Zij erkennen de waarheid van de wiskunde als een groot goed. Wiskundigen zullen een ander dan ook niet gauw een duwtje na geven, anders dan bijvoorbeeld in de politiek. Ik vind het prettig dat je het in wiskunde altijd eens wordt. Ik houd er niet van als mensen het niet met elkaar eens zijn. Daarom zie ik altijd op tegen vergaderingen.

“Het ware is ook te vinden in de wiskunde. Je kunt door middel van wiskundige bewijzen met zekerheid laten zien dat uit het één het ander volgt. De waarheid die wiskunde bevat, bestaat zelfs zonder ons. De Stelling van Pythagoras blijft voor altijd geldig, ongeacht of mensen zich hiermee bezighouden of niet. Die mensoverstijgende kant en die eeuwigheidswaarde geven me een speciale *kick*. In die zin staat wiskunde in schril contrast tot het tijdelijke universitaire leven, met zijn curriculumwijzigingen en vergaderingen.

“Ten derde is wiskunde schoon, omdat ze je helpt een groot aantal verschijnselen terug te brengen tot een kleiner aantal. Sommige stellingen vind ik prachtig. Ik kan nog net zo genieten van de Stelling van Pythagoras als toen ik hem voor het eerst begreep.

“Toch vind ik niet alle wiskunde mooi. Soms vind ik een theorie oersaai, bijvoorbeeld als deze geen aanleiding geeft tot nieuwe theorie of geen verband houdt met andere verschijnselen.

“*Aha-Erlebnisse* zijn topervaringen. Ik streef ernaar om er elke dag één te hebben. Het zal wel zo zijn dat ze ons endorfines geven, opiumachtige stoffen in het brein. In de liefde heb je soortgelijke ervaringen: als je verliefd bent, of als je een orgasme beleeft. In de kunst heb je ze, bijvoorbeeld als je muziek prachtig vindt. In de religie heb je ze, in de mystiek. Ik vind het ook heel leuk om een *Aha-Erlebnis* over te dragen op studenten of collega's. Ik zie aan de ogen van mensen of dit is gelukt. Zoals collega Frans Oort zegt: 'Het is geweldig om te zien dat hun ogen gaan glimmen'.

“Sommige wiskundigen zien niets in de meta-wiskunde die ik doe. Zij willen alle wiskunde die ze doen in hun eigen denkraam kunnen bevatten. Bewijzen die door een computer gegenereerd of geverifieerd zijn, hebben voor hen dus weinig waarde. Ik snap waarom: zij willen een *Aha-Erlebnis* hebben. Toch vind ik dat ook computerbewijzen – *cool proofs* – een romantische kant hebben. Juist zij bezitten een combinatie van schoonheid, kracht en precisie, welke in het gewone leven zijn weerga niet kent.”

### 5.1.5 VERLEID DOOR INZICHT, ZEKERHEID EN WAARHEID

Volgens Henk Barendregt zijn *Aha-Erlebnisse* topervaringen, die vergelijkbaar zijn met die in de liefde, kunst of religie. Hoewel meestal in wat minder sterke bewoordingen zeggen alle geïnterviewden dat deze ervaringen een hoogtepunt zijn. Je krijgt er een *kick* van, zegt meer dan de helft van de geïnterviewden.

In de literatuur en interviews op video wordt een aantal mooie metaforen gebruikt voor *Aha-Erlebnisse* (die overigens door sommigen *Eureka*-ervaringen worden genoemd). Andrew Wiles vergelijkt ze met vinden van het lichtknopje in een donkere kamer, waar je soms maanden lang in hebt rondgedoeld [33]. Paul Levy vergelijkt ze met het bereiken van de top van een berg na een lange klim: je hebt een mooi uitzicht en er openbaren zich opeens ook nieuwe gebieden [41].

Deze mensen geven metaforisch aan dat inzicht krijgen een onomkeerbaar proces is: je weet het lichtknopje te vinden, je hebt het uitzicht gezien. In mijn eigen ervaring lijkt een stuk wiskunde zelfs te veranderen in een trivialiteit op het moment dat ik het doorzie. Vaak kan ik me achteraf nauwelijks meer voorstellen dat ik iets eerst niet begreep. Ik heb het idee dat ik de wiskunde die ik goed begrepen heb ‘voor altijd’ zal onthouden.

Wiskundigen zoeken absolute zekerheid. Tijdens een onderzoeksproces kunnen misschien vage intuïties en vermoedens worden gebruikt, maar uiteindelijk gaat het erom een bepaalde bewering met honderd procent zekerheid te kunnen doen. Dat is anders dan in het dagelijkse leven en in de meeste andere wetenschappen, waar altijd sprake is van waarschijnlijkheid.

Henk Barendregt gelooft dat wiskunde daadwerkelijk zekerheid kan bieden: “Je kunt door middel van wiskundige bewijzen met zekerheid laten zien dat uit het één het ander volgt”. Ook het woord wiskunde impliceert zekerheid. Het betekent letterlijk ‘kunde van het zeker weten’. Het woord is populair gemaakt en mogelijk zelfs bedacht door Simon Stevin (1548–1620) [62].

Het middel dat wiskundigen hanteren om zeker te zijn van hun zaak is het bewijs. Een aantal geïnterviewde wiskundeonderzoekers zeggen dat wiskundigen het vrijwel altijd met elkaar eens zijn over de vraag of een bepaald bewijs sluitend is of niet. Dat geeft houvast: zoiets komt in het dagelijkse leven niet vaak voor.

Henk Barendregt vindt in wiskunde waarheid. “De waarheid die wiskunde bevat, bestaat zelfs zonder ons”, zegt hij. Ook zelf voelde ik me aanvankelijk aangetrokken door de waarheid die wiskunde mij leek te kunnen bieden. Ik hoopte grip op vragen over de natuur en het denken van de mens te krijgen door wiskunde te gaan studeren.

### 5.1.6 Dennis Hesseling: wiskunde alleen was te saai geweest.



#### **Wiskundig curriculum vitae:**

1988 – 1994

studie wiskunde aan de Universiteit Utrecht

1995 – 1999

promotie in de grondslagen van de wiskunde bij D. van Dalen en H. Bos

1999 – 2002

management consultant bij McKinsey & Company te Brussel

2002 – heden

senior econoom bij de Dienst uitvoering en Toezicht energie (DTe) te Den Haag

“Mijn interesse voor probleemoplossen begon niet in de rekenles, maar op de schaakclub. Al op mijn zesde vond ik schaken erg leuk. Op school was ik goed in wiskunde en ik deed het graag, maar ik vond de meeste andere vakken net zo leuk. Ik heb een breed vakkenpakket gekozen, met vier talen, drie bètavakken en een gammavak. Het was moeilijk te kiezen uit het enorme aanbod van studies. Aanvankelijk zocht ik naar een brede studie. Ik ging naar de open dag van fysieke geografie in Utrecht, maar dat leek me toch te praktisch. En in Delft, waar ik bij de studie materiaalkunde keek, schrok ik van alle apparaten en meetinstrumenten. Wiskunde leek te specifiek. Maar omdat het in de zesde klas toch mijn favoriete vak was, bezocht ik een open dag. Er werd een proefcollege gegeven over limieten. Het sprak me aan dat het niveau daarbij veel hoger was dan op de middelbare school. Bovendien zei men dat je met een studie wiskunde later alle kanten op kan. Dat was handig, want ik wist nog niet wat voor werk ik wilde gaan doen. Daarom werd het toch wiskunde.

“In het eerste studiejaar was het stevig aanpoten. Het tempo en het niveau waren hoog. Je moest een niveausprong maken om het bij te kunnen benen. Dat lukte me. Ik vond het ook erg leuk. Het sprak me aan dat wiskunde axiomatisch werd opgebouwd. In mijn tweede jaar vond ik de zuivere vakken heel mooi, zoals topologie en algebra. Nadat je in het eerste jaar geleerd had hoe je op een analytische manier stellingen bewijst – heel precies, maar ook heel tijdrovend – bewees je in de topologie dezelfde resultaten met veel minder moeite. Door abstractere definities te gebruiken vielen een heleboel dingen in een grotere structuur op hun plaats. Mooi dat je dat zo kunt opzetten.

“Ergens in mijn derde studiejaar zakte mijn motivatie in. Sommige vakken werden zo specifiek dat ik niet meer begreep waar het nu eigenlijk om ging. Bijvoorbeeld analyse c, waar we college kregen over multidimensionale ruimtes en allerlei complexe berekeningen daarin. Rond die tijd begon het nieuwe er ook af te raken. In het begin was het leuk om kennis te maken met het idee van bewijzen. Het was spannend om zelf bewijzen te leren geven. Maar op een gegeven moment wist ik het wel. Ik was niet zo gemotiveerd om steeds maar nieuwe wiskundevakken te doen.



“Ik ben toen meer bijvakken gaan volgen. Onder andere informatica, ‘debatte- ren over beleid’ in Leiden, politicologie in Amsterdam, internationale betrekkingen, Spaans en een paar vakken bij Nederlands. Ik heb een propaedeuse filosofie gedaan en heb als Erasmusstudent onder andere ‘geschiedenis van de wiskunde’ gevolgd aan de universiteit van Kopenhagen. In mijn eerste jaar heb ik overigens nog natuurkunde en econometrie als bijvakken gedaan. Dat was toen niet zo succes. Bij natuurkundebijvak- ken werd de stof niet van onderaf opgebouwd en formules werden vaak niet bewezen. Ik kon daar niets mee, snapte niet waar het over ging. Econometrie vond ik doodsaai. Je moest eindeloos formules met elkaar combineren. Er kwam niet één mooie gedachte aan te pas. Het doel was formules af te leiden over consumentengedrag. Maar omdat de aannames te simpel waren, was de uitkomst oninteressant.

“Na een paar jaar minder gemotiveerd te zijn geweest voor wiskunde, vond ik in het vijfde studiejaar een vakgebied waarin ik me wel goed thuis voelde. Het lag op het grensvlak van de logica, de geschiedenis en de filosofie. Daarin ben ik met veel plezier afgestudeerd. Vervolgens heb ik gesolliciteerd voor een aio-plaats. Ik wist dat ik niet de rest van mijn leven wiskunde wilde blijven doen, maar ik was gegrepen door mijn afstudeeronderwerp. Bovendien wilde ik graag zelf iets aan de wetenschap toevoegen, na zes jaar van consumeren. Ik werd aangenomen bij Henk Bos en Dirk van Dalen bij de Universiteit Utrecht.

“Mijn proefschrift gaat over het grondslagendebat in de wiskunde in de jaren twin- tig, met name tussen L.E.J. Brouwer en David Hilbert. Hilbert verdedigde de opvatting dat de klassieke wiskunde een rechtstreekse band heeft met de wereld om ons heen. Brouwer ging uit van een wiskunde die wordt opgebouwd in de menselijke geest. Hij accepteerde dat de klassieke wiskunde niet universeel geldig is. Als gevolg van deze discussie is de wiskundige gemeenschap tot de conclusie gekomen dat de wiskunde het best als een formeel systeem opgevat kan worden. Dat ging niet zonder slag of stoot. Het kostte ook topwiskundigen een hele tijd voor ze hun oorspronkelijke ideeën los durfden te laten. Ik vond dit een heel interessant onderwerp. Ben ook trots op het resultaat. Als ik het boek nu inkijk, denk ik: wat zit het goed in elkaar. Het geeft een goed gevoel dat het mij is gelukt zoiets te schrijven.

“Toch wilde ik niet in de wetenschap verder. Het ging me te traag. En ik wilde graag werk doen dat rechtstreeks effect heeft op de maatschappij. Ik had de smaak te pakken gekregen van politiek. Tijdens mijn promotie ben ik voorzitter geweest van de Jonge Democraten. Dat zorgde voor de nodige afwisseling. Wiskunde alleen was te saai geweest. Na mijn promotie ben ik bij McKinsey gaan werken. Daar heb ik veel nieuws geleerd. Bijvoorbeeld om samen te werken in teamverband. Het kan heel krachtig zijn om met vijf mensen aan één opdracht te werken: je komt nooit vast te zitten, je kunt elkaar aanvullen en je hebt samen een groot netwerk. Dat heb ik op de universiteit gemist.

“In mijn wiskundestudie heb ik scherper leren denken en formuleren. In mijn hui- dige functie komt mijn wiskundige kennis goed van pas, zij het op een minder abstract niveau. Ik stel samen met economen en econometristen modellen op om elektriciteits- en gastarieven te bepalen. De beslissingen die we nemen, hebben een directe *impact* op de maatschappij. Het gaat om aanzienlijke economische belangen. Ik heb er geen spijt van dat ik wiskunde heb gestudeerd. Ik heb er ook geen spijt van dat ik na de wiskunde weer verder ben gegaan.”

### 5.1.7 VERLATING

De aanvankelijke verleiding kan overgaan, vertellen Henk Barendregt en Dennis Hesseling. Vervelend wordt wiskunde dan niet, maar wel saai. Het nieuwe is eraf, de fascinatie is weg. Barendregt en Hesseling hebben de zuivere wiskunde toen verlaten en hebben zich toegelegd op de grondslagen van de wiskunde.

Zelf ben ik na drieënhalf jaar met de wiskundestudie gestopt. Op de middelbare school en in de eerste studiejaren was ik gegrepen door de mysterieuze kant van wiskunde, maar tijdens de studie kwam ik wat dat betreft van een koude kermis thuis. Wiskunde studeren was meestal gewoon technieken onder de knie krijgen. De ‘wezensvragen’ die ik had (waar wiskunde vandaan komt, hoe ze ontwikkeld wordt, wat ze ons zegt over de wereld), werden niet gevoed. Bovendien liet mijn intuïtie me bij de hogere-jaars-vakken in de steek. Ik snapte niet meer waar ik mee bezig was.

Voor dit afstudeerproject zijn alleen wiskundigen geïnterviewd die de wiskundestudie hebben afgemaakt. Meer dan de helft van de studenten die aan een wiskundestudie beginnen, maakt deze niet af (zie tabel 4 in paragraaf 5.2.2). Helaas kon ik hen niet interviewen, omdat de tijd daarvoor ontbrak. Het lijkt me nuttig als iemand in de toekomst een vergelijkbaar onderzoek doet naar de belevingen en ervaringen van gesjeesde studenten.

## 5.2 Ploeteren en schitteren

WISKUNDE WORDT ALGEMEEN GEZIEN  
ALS EEN MOEILIK VAK. IS HET VOOR  
WISKUNDIGEN OOK MOEILIK? EN LOONT  
HET DE MOEITE?

### 5.2.1 Femia Smit: mijn leraar raadde me af om wiskunde te gaan studeren.



#### Wiskundig curriculum vitae:

1993 - 1998

studie 'bedrijfswiskunde en informatica' aan de Vrije Universiteit te Amsterdam

1999 - heden

Medewerker bij de Bijenkorf, het eerste jaar op de afdeling IT, daarna op de afdeling Database Research

“Op de middelbare school heb ik aanvankelijk alleen wiskunde a gekozen. Ik wilde ook graag wiskunde b doen, maar mijn decaan raadde me dat af, omdat ik dan een eenzijdig pakket zou krijgen. Ik heb toen maar twee talen gekozen. Dat was niet zo'n goede zet, want ik ben blijven zitten op Duits. Na dat jaar heb ik alsnog besloten om wiskunde b te nemen. En dat beviel goed. Ik kon het, al ben ik nooit een uitblinker geweest.

“Aan het eind van de middelbare school wilde ik graag verder met wiskunde, maar mijn leraar raadde me af om wiskunde te gaan studeren. Hij dacht dat ik er niet voldoende inzicht voor had. Ik had wel goede cijfers — ik ben geslaagd met een acht voor wiskunde b — maar ik deed er ook veel voor. Ik ben toen op zoek gegaan naar een wat minder exacte studie. Op de Vrije Universiteit vond ik er één die me erg aansprak, namelijk 'Bedrijfswiskunde en Informatica'. Dat is een studie die voor een derde uit econometrie bestaat, voor een derde uit wiskunde en voor een derde uit informatica. Op één van de voorlichtingsdagen daar lieten ze zien dat je met wiskunde allerlei praktische problemen kunt oplossen, dat je bijvoorbeeld kunt uitrekenen wat de kortste route is voor een postbode. Dat was voor mij echt een *eye opener*. Ik kwam er enthousiast vandaan.

“Er waren trouwens een paar vrienden mee op die open dag die mijn enthousiasme helemaal niet begrepen. Eentje ging psychologie studeren, de ander theaterwetenschappen. Ze hadden wel ontzag voor mijn keuze, omdat het hen een moeilijke studie leek. Zo ging het later vaker: mensen reageerden vol onbegrip, maar ook vol bewondering. Ik was zelf altijd trots op mijn studiekeuze. Ik dacht: zie je wel, het is niet alleen een studie voor mannen.

“In het eerste studiejaar ging het redelijk goed, maar ik moest er wel hard aan trekken. De wiskundecolleges vond ik vaak erg abstract. In de eerste minuten kon ik het volgen, maar op een gegeven moment raakte ik de draad kwijt. Dan zag ik de docent het bord vol schrijven met bewijzen die ik niet begreep en dacht ik: waarom zit ik hier eigenlijk? Ik heb concrete voorbeelden en toepassingen nodig om te kunnen begrijpen waar een

theorie over gaat. Bij een integraal begrijp ik nog dat het om een oppervlakte gaat, maar van complexe getallen kan ik me bijvoorbeeld helemaal geen voorstelling maken.

“In het derde en vierde jaar heb ik genoten van statistische data-analyse. Als eindopdracht moesten we data analyseren van een zelfgekozen onderwerp met behulp van de stappen die we in het werkcollege hadden geleerd. Wij hebben onderzoek gedaan naar de voorkeur van muizen voor verschillende soort kaas. Ik vond het leuk om op een systematische manier een vraag te kunnen beantwoorden. Ik vond het ook prettig dat je samen moest werken met je medestudenten. Het was altijd gezellig in de computerzaaltjes.

“Mijn afstudeerstage heb ik gedaan op de logistieke afdeling van de Bijenkorf. Ik kreeg een leuke opdracht: ik moest een vuistregel bedenken om de betrouwbaarheid te bepalen van een telling van de voorraad.

“Na mijn afstuderen ben ik vier maanden gaan reizen. Vervolgens heb ik weer contact opgenomen met de Bijenkorf. Zij vroegen me of ik als informatieanalist wilde komen werken. Dat heb ik één jaar gedaan. Vervolgens heb ik drie jaar gewerkt op de afdeling *database research*. Ik ben recentelijk bijvoorbeeld gevraagd om een adressenbestand te leveren van klanten die mogelijk geïnteresseerd zijn in formele herenmode. Eerst formuleer ik criteria op grond waarvan deze mensen te herkennen zijn in ons adressenbestand, vervolgens selecteer ik deze adressen en lever ze aan de vraagsteller. Ik vind het nog steeds leuk om door middel van kleine logische stapjes problemen op te kunnen lossen.

“Soms vind ik het wel eens jammer dat ik geen creatievere studie heb gedaan, zoals bijvoorbeeld architectuur. Maar ja, je kunt ook buiten je studie en werk creatief zijn. Ik ben wel blij dat ik niet wiskunde ben gaan studeren, hoewel ik dat aanvankelijk overwoog. Dat was me veel te abstract geweest.”

### 5.2.2 PLOETEREN

Femia Smit had op haar vwo-eindlijst een acht voor wiskunde b en toch raadde haar wiskundeleraar haar af om wiskunde te gaan studeren. Ze zou niet voldoende inzicht hebben. Achteraf was ze blij met dit advies, omdat ze de wiskundecolleges tijdens haar studie erg abstract en moeilijk vond. Ook twee andere geïnterviewden werd het afgeraden om wiskunde te studeren, namelijk Barbara van den Berg en Simone van Neerven. Kunnen alleen èchte talenten een studie wiskunde aan?

Het gemiddelde cijfer voor wiskunde op het vwo-eindexamen schommelt voor wiskundestudenten rond de acht (zie tabel 1 aan het einde van deze paragraaf). Ook voor andere vakken scoren ze goed (tabel 2). Aan de Universiteit Utrecht hadden in 2001 en 2002 alleen de eerstejaars van twee opleidingen waarvoor een selectie plaatsvond gemiddeld hogere vwo-eindcijfers, namelijk geneeskunde en de bacheloropleiding aan het University College. Wiskundestudenten delen de derde plaats met natuurkunde- en scheikundestudenten [bron: Bureau Controller, Universiteit Utrecht]. Ondanks het feit dat wiskundestudenten op het vwo goed hebben gepresteerd, zijn de studierendementen van de universitaire wiskundeopleidingen laag. Minder dan 30 procent haalt de propaedeuse in één jaar (tabel 3). In totaal haalt zo'n 30 tot 40 procent uiteindelijk het doctoraalexamen (tabel 4).

Deze cijfers ondersteunen mijn eigen ervaring dat de wiskundestudie in vergelijking met het vwo en de gemiddelde andere studie zwaar is. Sommige studiegenoten moesten vanaf het tweede jaar steeds opnieuw vakken herkansen, ondanks een normale inzet en ondanks het feit dat ze stuk voor stuk hoge cijfers voor wiskunde hadden gehaald op het vwo. Ook de studievertraging die ik zelf heb opgelopen, werd mede veroorzaakt door de zwaarte van de studie. In mijn derde en vierde studiejaar wist ik door de hoge abstractie van sommige vakken niet meer waar ik mee bezig was. Mijn studietempo daalde tot nul. Ik geloof zelf dat iedereen met enige aanleg voor wiskunde de studie kan halen, maar niet binnen vijf jaar.

De visitatiecommissie wiskunde van de Vereniging van Universiteiten (VSNU) was in 2002 niet van mening dat de studie (te) zwaar is. Zij schrijft in haar rapport: "Anderhalf jaar of meer langer doen over de studie dan de beoogde vijf jaar is eerder regel dan uitzondering. Hier bleek ons dat de faculteiten daar weinig aan kunnen doen. Uit mededelingen van (veel) studenten trekken we de conclusie dat zij zelf niet de behoefte hebben om snel klaar te zijn met de studie. Zoals reeds in de vorige paragraaf opgemerkt zijn er veel die niet bereid waren om 1680 uur per jaar aan de studie te besteden. (...) Overigens kwam het vrijwel niet voor dat studenten van oordeel waren dat de studie te zwaar was om in de voorgeschreven tijd te voltooien. Wel kwam het nogal eens voor dat er gesproken werd over een periode, ergens midden in de studie, van demotivatie met vertraging tot gevolg. Een van de oorzaken was het te lang uitblijven van de zaken die de studenten in kwestie echt boeien. Het was niet verrassend dat er in de eindfase meestal veel harder en met meer enthousiasme wordt gestudeerd [66, blz. 33]".

Zelf vind ik het aannemelijk dat de studie wiskunde voor de meeste studenten binnen het vastgestelde aantal studie-uren voltooid kan worden. Toch kan de studie dan nog (te) zwaar zijn. Het doen van wiskunde vraagt veel concentratie, die niet iedereen

veertig uur per week kan opbrengen. Persoonlijk heb ik in mijn hele studiercarrière op geen enkele dag de voorgeschreven acht uur aan wiskunde besteed. Na een uur of vier geconcentreerd werken zit mijn hoofd ‘vol’ en ben ik toe aan een andere activiteit. Mijns inziens kunnen demotivatie en zwaarte van de studie bovendien niet zo sterk gescheiden worden als de commissie doet. Bij mezelf gingen ze hand in hand.

Niet alleen voor wiskundestudenten, ook voor wiskundeonderzoekers is het volkomen normaal om te moeten ploeteren. Andrew Wiles is het levende bewijs. Hij heeft zeven jaar lang in volledige concentratie aan het bewijs van de Laatste Stelling van Fermat moeten werken voor hij tevreden was. Toen werd er alsnog een fout ontdekt. Hij had weer een jaar nodig om deze te herstellen [33]. De geïnterviewde wiskundeonderzoekers bevestigden allemaal dat ze hard moeten werken om vooruit te komen. Eduard Looijenga: “Onderzoek doen is voor negennegentig procent transpiratie en voor één procent inspiratie”. Om wiskundeonderzoek te doen heb je kennelijk veel goede moed nodig, en daarnaast ook doorzettingsvermogen en een olifantenhuid.

Wiskunde kan in de studie of in het werk zo moeilijk zijn, dat er twijfels ontstaan over het eigen kunnen. De meeste geïnterviewden hebben periodes van onzekerheid gehad. Als student vroegen ze zich af of ze de studie wel aankonden. Tijdens het werk als wiskundeonderzoeker twijfelden ze of ze er wel geschikt voor waren. De geïnterviewde vrouwen waren het meest onzeker over hun eigen talent.

## 5.2 Ploeteren en schitteren

	studenten wiskunde	studenten technische wiskunde	studenten toegepaste wiskunde
1998	7,7	8,0	
1999	8,2	8,1	10
2000	8,0	8,0	8,0
2001	7,7	8,0	8,0

Tabel 1: Gemiddeld vwo-eindcijfer voor wiskunde van eerstejaars studenten wiskunde, 1998 – 2001

Dit zijn de gegevens van ongeveer tweederde van de eerstejaars studenten. Van de rest heeft de Informatie Beheer Groep geen gegevens. Er waren maar enkele studenten die toegepaste wiskunde studeerden, vandaar de grote variatie.

Bron: *Informatie Beheer Groep, afdeling Persvoorlichting, Groningen*

	studenten wiskunde	studenten technische wiskunde	studenten toegepaste wiskunde	alle studenten
1998	7,3	7,2		6,7
1999	7,4	7,3	9,2	6,7
2000	7,6	7,2	7,3	6,7
2001	7,0	7,1	7,4	6,8

Tabel 2: Gemiddeld vwo-eindcijfer alle vakken van eerstejaars studenten, 1998 – 2001

Zelfde opmerkingen als bij tabel 1.

Bron: *Informatie Beheer Groep, afdeling Persvoorlichting, Groningen*

cohort	percentage
96/97	21
97/98	21
98/99	28
99/00	26

Tabel 3: Propedeuserendement wiskunde na 1 jaar in de instroomjaren 1996 – 1999

Bron: *Visitatierapport VSNU, 2002 [66]*

	4 jaar	5 jaar	6 jaar	7 jaar	8 jaar
1993	6	19	31	35	37
1994	5	15	24	28	32
1995	10	30	38	43	
1996	4	21	34		

Tabel 4: Studierendementen van de studie wiskunde bij de instroomcohorten 1993 – 1996 (in procent van het instroomcohort dat na x jaar het doctoraal diploma heeft behaald).

Hoewel de bron anders doet vermoeden, zijn dit de totaalcijfers van alle opleidingen wiskunde in Nederland.

Bron: *Bureau Controller, Universiteit Utrecht*



### 5.2.3 Thijs Ruijgrok: wiskunde was op de universiteit ineens heel moeilijk.



#### Wiskundig curriculum vitae:

1978 - 1987  
studie wiskunde aan de Universiteit Utrecht  
1988-1990  
vervangende dienst  
1990-1995  
promotie bij F. Verhulst, Universiteit Utrecht 1995-2000  
wiskunde-docent (achtereenvolgens aan de Hogeschool van Utrecht, aan het Christelijk Gymnasium Utrecht en aan de Universiteit Utrecht)  
2000-heden  
onderwijsmanager en docent wiskunde aan de Universiteit Utrecht

“Ik raakte door mijn vader geïnteresseerd in wiskunde. Hij is hoogleraar natuurkunde en zat vroeger in de huiskamer vaak formules op te schrijven. Dat intrigeerde me altijd. En toen ik op een gegeven moment ontdekte dat die formules iets betekenden, dat de ene formule uit de ander volgde en dat je slimme dingen moest bedenken om ermee te kunnen werken, raakte ik echt geïnteresseerd. Ik was toen een jaar of vijftien.

“Op school ontdekte ik dat wiskunde leuker was dan natuurkunde. Ik hou van abstractie. Natuurkunde vond ik alleen leuk als er wiskunde aan te pas kwam, bijvoorbeeld als er differentiaalvergelijkingen moesten worden opgelost. Ik was ook goed in wiskunde. Ik voelde me uitgedaagd als de leraar zei: ‘We gaan iets doen wat eigenlijk wel aan de moeilijke kant is.’ Dan wilde ik meteen een opgave maken.

“Toch wist ik tot laat in de zesde klas niet zeker of ik wel wiskunde wilde gaan studeren. Ik was altijd breed geïnteresseerd en vond vakken als geschiedenis en biologie ook erg interessant. Ik denk dat mijn wiskundelerares uiteindelijk de doorslag gaf, omdat zij zo enthousiast en fascinerend kon vertellen. Bovendien had ik het idee tot de uitverkorenen te behoren als ik wiskunde zou gaan studeren. Ik begreep dingen die veel anderen niet begrepen. Het was alleen vervelend dat niemand echt onder de indruk was. Men was eerder diep verveeld.

“De studie ging aanvankelijk niet goed. Wiskunde was op de universiteit ineens heel moeilijk en abstract. Bij algebra leerden we bijvoorbeeld stellingen over objecten waar ik me niets bij kon voorstellen. Een heel enkele keer stond er een voorbeeld bij, maar daar schoot je dan nog niets mee op. Ik merkte dat ik niet hypergeniaal was. Sommige studiegenoten konden het een stuk makkelijker dan ik. Bovendien had ik geen goede studiehouding overgehouden aan de middelbare school. Ik hoefde daar nooit echt te werken. Op de universiteit moest dat wel, maar deed ik het niet. In die eerste jaren leefde ik mijn eigen ritme en rommelde wat aan.

“Ik vond ook de sfeer niet fijn. Het waren allemaal eilandjes: stille, gesloten, in zichzelf gekeerde jongens die na het college snel weer naar huis gingen. Ik had nau-

welijks contact met anderen. Ik heb aan de hele studie niet één vriend over gehouden.

“Soms vond ik een onderwerp wel echt leuk. Ik weet nog dat het me een *kick* gaf om volledige inductie onder de knie te krijgen in de werkcolleges analyse. De eerste sommetjes waren een vreselijke worsteling, maar daarna viel het dubbeltje en ging het goed. Ik vond het mooi dat alles was ingebed in logica en ik vond het een uitdaging om telkens halverwege een som een slim trucje te moeten verzinnen.

“Toch was het pas na mijn kandidaatsexamen dat ik de studie als geheel leuk begon te vinden. Ik kon toen de vakken kiezen die ik interessant vond, zoals differentiaalvergelijkingen en functionaalanalyse. Er werd hierbij veel gebruik gemaakt van plaatjes. Bij deze vakken snapte ik weer waar ik mee bezig was. En toen ik eenmaal weer wat vakken haalde, gaf me dat energie en motivatie om door te werken. Ik vond ook de afstudeerfase leuk. Ik legde er eer in: wilde graag een goede scriptie schrijven, wilde het onderwerp goed begrijpen en er iets nieuws aan toevoegen. Hierdoor duurde het wel lang voor ik tevreden was. Maar ja, ik wilde toch niet afstuderen, omdat ik daarna in dienst moest. Uiteindelijk heb ik negen jaar over de studie gedaan.

“Nadat ik mijn vervangende dienstplicht had vervuld —een saaie kantoorbaan bij de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek naar Materie—, vroeg Ferdinand Verhulst of ik interesse had in een promotieplaats. Dat leek me wel wat, omdat ik het tijdens mijn afstuderen leuk vond om onderzoek te doen. Ik werd aangenomen en had een fantastische tijd. Ik kan het iedereen aanraden. Je kunt genieten van het student zijn, zonder dat je vervelende dingen als tentamens moet doen. Het doen van onderzoek vond ik het leukste wat er is. Je begint met een vraag, waarop niemand het antwoord weet. Je hebt een bibliotheek vol wijsheid tot je beschikking. Het is een uitdaging dan een antwoord te vinden. De sfeer was ook altijd goed. We hadden als aio's onder elkaar veel lol en gingen regelmatig voetballen. Als aio heb ik nooit gebrek aan motivatie gehad. Ik wilde juist steeds meer onderzoeken. Uiteindelijk heeft het natuurlijk wel weer langer geduurd dan vier jaar.

“Een proefschrift schrijven is een behoorlijke bevalling. Na mijn promotie dacht ik: het is wel even mooi geweest. Ik zag mezelf niet voor de rest van mijn carrière onderzoek doen. Bovendien had ik geen zin om naar het buitenland te moeten gaan als post-doc. Ik heb toen de lerarenopleiding gedaan en ben gaan werken op een middelbare school en later in het hoger en middelbaar beroepsonderwijs. Dat was lastig. Ik kreeg andere problemen voor mijn kiezen dan ik gewend was. En het feit dat ik veel van wiskunde wist, hielp me nauwelijks.

“Na een aantal jaren vroeg Joop Kolk, de onderwijsmanager van wiskunde aan de Universiteit Utrecht, of ik colleges en werkcolleges aan de universiteit wilde komen geven. Dat leek me wel wat. Eindelijk van de ordeproblemen af. Een jaar later ben ik onderwijsmanager geworden.

“Ik ben in mijn vrije tijd nog steeds bezig met mijn promotieonderwerp. Ik schrijf er met verschillende mensen artikelen over. Inmiddels heb ik ook drie artikelen met mijn vader geschreven. Verder lees ik graag over de toepassingen van wiskunde in de biologie, natuurkunde en economie. Zuivere wiskunde zegt me niet zoveel meer. Ik wil dat wiskunde me helpt de wereld een beetje te begrijpen.”

### 5.2.4 Jan Tuitman: ik had gehoopt op een hoger niveau.



#### Wiskundig curriculum vitae:

aug. 2000 - aug. 2003

studie wiskunde en natuurkunde aan de Rijksuniversiteit Groningen

aug 2003 - heden

studie wiskunde aan de Universiteit Parijs 6, voor het diplôme des études approfondies

“Op mijn dertiende raakte ik door een televisieserie geïnteresseerd in de speciale relativiteitstheorie van Einstein. Ik heb er een boekje over gehaald in de bibliotheek. Omdat ik daarin las dat je moeilijke wiskunde nodig hebt om de relativiteitstheorie goed te kunnen begrijpen, heb ik ook boeken over wiskunde gehaald. Van het één komt het ander: na de derde klas had ik alle wiskunde van de middelbare school wel gelezen, na de bovenbouw had ik een aantal wiskundeboeken uit de universiteitsbibliotheek uit.

“Het was echt iets voor mijzelf, die boeken. Mijn ouders wisten niet waar ik mee bezig was. Ook met mijn docenten praatte ik er nauwelijks over. Alleen mijn wiskundedocent in de derde klas had wel in de gaten dat ik heel geïnteresseerd was in wiskunde. Hij stimuleerde me om te gaan oefenen in probleemoplossen: hij gaf me allemaal opdrachtjes, liet me *Pythagoras* zien en liet me kennis maken met de wiskundeolympiade.

“Ik vond de probleemrubriek in *Pythagoras* erg leuk. Ik stuurde altijd oplossingen in. Vanaf de derde keer had ik altijd alles goed. Ook het meedoen met de olympiade vond ik leuk, al had ik niet meteen succes. In de derde klas zat ik in de eerste ronde bij de eerste hondervijftig, terwijl in principe alleen de eerste honderd werden uitgenodigd voor de tweede ronde. Ik werd toch uitgenodigd en werd elfde in de tweede ronde. Vanaf dat moment mocht ik mee met de trainingsmiddagen en trainingsweekeinden. Ik begon het probleemoplossen serieuzer te nemen. Ik vond de olympiades heel belangrijk en wilde graag goed presteren, zowel nationaal als internationaal. Dat geldt voor bijna iedereen die er aan meedoet, denk ik.

“In de vierde klas was ik school een beetje zat. Ik vond dat ik mijn tijd er zat te verdoen. Ik had geen zin meer in Franse en Latijnse woordjes, maar ik wilde wel op een hoog niveau wis- en natuurkunde doen. Ik deed steeds een beetje minder moeite en ging naar de zessen, terwijl ik de hele tijd op negens had gezeten. De school heeft op een gegeven moment contact gezocht met mijn ouders. Samen hebben we besloten dat ik de vierde en vijfde klas in één jaar mocht doen. Dat lukte. Ik ging zelfs weer van de zes naar de acht.

“Sinds ik boeken over wiskunde leende, wist ik heel zeker dat ik wiskunde wilde gaan studeren. Het heeft later nooit meer ter discussie gestaan. Behalve wiskunde, wilde ik ook natuurkunde gaan studeren. Wiskunde en natuurkunde vond ik even interessant. Pas in mijn tweede of derde studiejaar ben ik mijn interesse voor natuurkunde een beetje verloren.

“Ik ging in Groningen studeren. In de eerste jaren kon het me allemaal niet snel genoeg gaan. Ik wilde zo snel mogelijk toekomen aan vakken die me echt interessant leken, zoals bijvoorbeeld kwantummechanica. In het eerste jaar heb ik honderdvijftien studiepunten gehaald. Dat was niet moeilijk, omdat ik veel stof al op de middelbare school had gedaan. Ik hoefde meestal alleen het tentamen nog maar te maken. Het viel me wel tegen dat de studie zo gemakkelijk was. Ik had gehoopt op een hoger niveau. Ook vond ik dat sommige docenten niet goed lesgaven. Ze besteedden teveel tijd aan voorbeelden en toepassingen en te weinig aan het opbouwen van samenhangende theorie. Ik vond het ook heel jammer dat er over bepaalde onderwerpen geen colleges werden gegeven. Ook op de universiteit heb ik veel stof zelfstandig uitgekozen en bestudeerd.

“Ik vind het geweldig om nieuwe theorie te bestuderen: al die nieuwe ideeën, waar ik zelf nooit aan had gedacht. Ik voel dan vaak bewondering. Niet zozeer voor de mensen die het hebben opgeschreven, maar meer voor het vak zelf, voor de samenhangende structuren.

“Soms moet je wel ontzettend veel geduld hebben voordat alles in je hoofd zit en je er zelf wat aan kunt toevoegen. Ik heb bijvoorbeeld heel veel moeite moeten doen om me ook maar een klein beetje thuis te voelen in de algebraïsche meetkunde. Het gaat allemaal zo traag. Ik gooi wel eens geërgerd een boek aan de kant als ik iets niet meteen snap. Toen ik een jaar of veertien, vijftien was en naar de bibliotheek ging, had ik het idee dat ik alles kon. Nu al een hele tijd niet meer.

“Na twee jaar studie zakte mijn motivatie in. Ik weet niet waarom. Ik ben op dat moment gestopt met natuurkunde en langzamer verder gegaan met wiskunde.

“In het afgelopen half jaar raakte ik eigenlijk steeds minder gemotiveerd. Ik heb een soort afstudeerproject gedaan. Mijn begeleider stelde voor dat ik het Risch-algoritme netjes zou uitschrijven. Hij dacht dat dat nog niet eerder gebeurd was. Na twee maanden kwamen we erachter dat het al eens gedaan was. Toen hebben we een andere vraagstelling gekozen, maar deze leverde geen samenhangend project op. Ik had ook meer theorie willen leren en iets echt nieuws willen ontdekken.

“Ik kan nu afstuderen, maar ik wil het nog niet. Ik heb er behoefte aan eerst nog wat meer nieuwe wiskunde te leren voor ik onderzoek ga doen. Daarom heb ik besloten om volgend collegejaar in Parijs te gaan studeren. Ik heb gehoord dat daar veel goede studenten heen gaan. Het lijkt me heel leuk om samen met anderen over wiskunde te kunnen praten. Dat is me in Groningen niet vaak gelukt, omdat ik niet het reguliere programma volgde.”

### 5.2.5 SCHITTEREN

Biedt wiskunde de kans om te schitteren? Het is opvallend dat dit bij Jan Tuitman niet gebeurt. Hij heeft talent en ambitie te over, maar komt terecht in een onderwijsprogramma dat hem niet veel te bieden heeft. Hij verliest zijn sterke *drive* en gaat zijn heil in Frankrijk zoeken.

De geïnterviewde mannen zien zichzelf niet schitteren in de ogen van hun niet-wiskundige omgeving. Er valt over het algemeen weinig waardering te verwachten. “Men is diep verveeld als je zegt dat je wiskunde studeert”, zegt Thijs Ruijgrok. Een wiskundestudie is meestal niet de start van een flitsende maatschappelijke carrière. Voor het grote geld hoef je het niet te doen. Een deel van de geïnterviewde onderzoekers zegt dat er ook bij collega-wiskundigen weinig waardering en eer van het werk te halen is, omdat bijna niemand weet waar je mee bezig bent.

Wiskundigen zijn niet verzekerd van waardering van anderen en hebben dus een intrinsieke motivatie nodig. Die vinden veel geïnterviewden in de voldoening die ze zichzelf bezorgen als ze zich door een moeizaam proces heen hebben geworsteld. Wiskunde is een weerbarstig vak en biedt je de kans je eigen grenzen te verleggen. Hoe moeizamer het proces, des te groter de beloning, zeggen sommigen zelfs.

Sommige wiskundigen hebben het geluk ook door hun omgeving gewaardeerd te worden. De geïnterviewde vrouwen genieten doorgaans groot respect van niet-wiskundigen. Dat is anders dan bij de geïnterviewde mannen. Een deel van de geïnterviewde onderzoekers zegt dat er bij collega-wiskundigen waardering en eer van het werk te halen is. Eduard Looijenga: “Soms gaan anderen verder op de resultaten die je hebt gevonden. Dat is geweldig om te zien”.

Er waren periodes waarin wiskunde meer roem en status opleverde dan tegenwoordig gebeurt. Godfrey Hardy schrijft bijvoorbeeld in zijn autobiografie ‘A mathematician’s apology’ (1967) dat wiskunde bij uitstek een vak is waarbij (eeuwige) roem verworven kan worden [28, blz. 77].

Volgens Jan Veldhuis (voorzitter van het College van de Bestuur van de Universiteit Utrecht) en Jeroen Torenbeek (directeur van Bureau Buitenland van de Universiteit Utrecht) gebruikten plattelandskinderen halverwege de vorige eeuw een moeilijke studie als wiskunde om een treetje te stijgen op de maatschappelijke ladder:<sup>11</sup>

“Je kunt gevoelig vaststellen dat in de decennia na de tweede wereldoorlog de bèta-richtingen hun studenten vooral rekruteerden van het platteland. Met ‘platteland’ bedoelen we de gebieden buiten de circa vijftiengrote steden met bijbehorende forensendorpen (of -steden). Daar woonden kinderen die in die tijd voor het eerst mochten gaan studeren, als ze zeer goed waren op de middelbare school. Zij kozen voor een ‘dege-lijke’ studie zoals wiskunde, natuurkunde of scheikunde aan een algemene universiteit, of een stevige opleiding aan een technische universiteit. Waar een studie als geneeskunde in sociaal opzicht nog een brug te ver was,

<sup>11</sup>Dit is een schriftelijke mededeling na aanleiding van een gesprek.

bood een studie als wiskunde het kanaal voor sociale en intellectuele stijging.”

Dit is echter moeilijk te onderbouwen met cijfers. Mij is het in ieder geval niet gelukt om relevante gegevens op te sporen. Tegenwoordig lijkt het niet meer het geval te zijn. Naar schatting de helft van de wiskundestudenten aan de Universiteit Utrecht is geboren een grote stad [bron: studentenadministratie opleiding wiskunde Universiteit Utrecht].

### 5.2.6 Rainer Kaenders: ik voelde me een held die dag.



#### **Wiskundig curriculum vitae:**

1986 - 1992  
studie wiskunde aan de Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn, Diplom bij E. Brieskorn  
1993 - 1997  
promotie bij J.H.M. Steenbrink aan de Katholieke Universiteit Nijmegen  
1997 - 1998  
post-doc aan de Universiteit Utrecht  
1998 - 1999  
docent-onderzoeker aan de Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf  
2000 - 2001  
lerarenopleiding wiskunde aan de Katholieke Universiteit Nijmegen  
2000 - heden  
docent wiskunde aan het Canisius College in Nijmegen  
2001 - heden  
universitair docent aan het Instituut voor Leraar en School aan de Katholieke Universiteit Nijmegen

“Ik weet nog dat mijn vader op zondag wel eens op de bank lag en ons rekenopgaven gaf. Mijn broers en ik probeerden dan als eerste het goede antwoord te vinden. Wij vonden het een leuk spel en waren trots als we wonnen. Zowel mijn vader als mijn moeder moedigden ons aan om goed te presteren, ook op school. Zelf is mijn vader opgeklommen van timmerman tot bouwingenieur. Hij heeft daarvoor hard moeten werken in de avonduren.

“Op school, in de onderbouw, was ik een goede leerling, niet extreem, maar gewoon goed. Ik voelde me het sterkst in de wiskundeles. Ondanks het feit dat ik niet aardig was tegen een aantal leraren, kon ik nog altijd goede cijfers halen. Ik begreep de stof ook zonder de docent wel. Ook naar de andere kinderen toe voelde ik me sterk in die

les. Ik zat in de klas met kinderen van advocaten en zo, die —anders dan ik— van thuis al vorming mee hadden gekregen. Zij hadden bij een vak als Latijn een voorsprong en waren vaak al in verschillende musea waren geweest enzovoort. In de wiskundeles daarentegen hadden zij geen voorsprong.

“In de vierde klas kreeg ik een geweldige wiskundeleraar. Hij was vroeger een soort wonderkind geweest, had twee klassen overgeslagen, was al met eenentwintig jaar begonnen met zijn promotie. Maar die was mislukt, omdat iemand anders eerder dan hij dezelfde resultaten had gevonden. Toen wilde hij weg van de universiteit en is hij leraar geworden. In de klas liet hij ons zelf vragen formuleren en over de antwoorden nadenken. Het was een levendig gebeuren.

“Op de één of andere manier zag hij in mij een talent. Hij was heel riant met lof. Ik heb een *Leistungskurs* gekozen, dat wil zeggen zes uur wiskunde per week. Daar kregen we lineaire algebra en analyse, epsilon-delta bewijzen enzo. In één van die lessen vroeg de leraar waarom de middelwaardstelling waar is. Daar heb ik thuis de hele avond over nagedacht. Toen ik de volgende dag de klas binnenkwam, zei ik: ‘Ik weet het!’ De leraar gaf me het krijtje en heeft me het hele uur laten vertellen. Ik had het bewijs helemaal uitgezocht en had zelfs de formulering en het bewijs gevonden van de stelling van Rolle. De leraar was dolenthousiast. Ik voelde me een held die dag.

“Even heb ik overwogen om psychologie te gaan studeren of om piloot te worden. Het werd toch wiskunde, omdat ik het gevoel had dat ik dat goed kon. En ik deed het graag. Wiskunde liet me alles vergeten, inclusief mezelf. *Selbstvergeessenheit* noemde ik dat. Bovendien vond ik het leuk dat mensen tegen je op keken als je wiskunde ging studeren. Ook mijn vader. Op school zeiden sommigen wel dat ze het maar een wereldvreemde studie vonden, maar daar was ik het niet mee eens. Voor mij zijn priemgetallen net zo echt als liefde en gerechtigheid en de *Mount Everest*.

“Na de leuke wiskundelessen op de middelbare school, vond ik het onderwijs op de universiteit helemaal niet goed. Veel van de colleges waren slecht te volgen en gingen veel te snel. En soms werd er helemaal geen mooie en elegante wiskunde gedoceerd. Het analysecollege in het eerste jaar vond ik bijvoorbeeld maar gekunsteld en technisch. Ik vond het een beetje vies dat er ook toepassingen in voor kwamen. Foutenanalyse vond ik verschrikkelijk. Voor mij stond een getal gewoon vast, dat was een wezen en dat heeft eigenlijk geen benadering. Het was in die tijd ook wel chique om er je neus voor op te halen.

“Er waren op de universiteit in mijn jaar ongeveer tweehonderd wiskundestudenten. Een aantal daarvan was heel goed. Beter dan ik, zo leek het. Daar moest ik even aan wennen.

“In het begin fascineerde de arrogantie van veel docenten me wel. Ik weet nog dat ik als studentassistent na afloop van een colloquium mee mocht met een etentje. Ik was heel zenuwachtig. Ik keek op tegen de mensen die er waren: zij konden iets wat ik heel graag wilde kunnen. Maar ik was tegelijkertijd heel bang dat ik er niet bij hoorde, dat ik te dom was of zo. Na een tijdje sloeg die fascinatie om in haat. Op het wiskundeinstituut was je gewoon een *nobody* totdat je een stelling had bewezen.

“Toen ik later later in Düsseldorf als post-doc werkte, doorzag ik plotseling de manier waarop sommige wiskundigen ontzag probeerden af te dwingen. Ik zag dat het vooral de niet zo goede wiskundigen waren die dat deden. Als je volwassen bent, wil

je respect. Dan haat je het wanneer een hoogleraar met wie je op een conferentie aan het praten bent zich acuut omdraait als er een belangrijkere persoon langskomt.

“Ik ben afgestudeerd bij Egbert Brieskorn, in een onderwerp tussen de topologie en algebraïsche meetkunde. Ik keek tegen hem op, vond hem een autoriteit. Hij maakte wiskunde levend. In seminaria stelde hij de meest elementaire vragen en vroeg hij door tot hij helder had hoe iets in elkaar zat. Dat was een verademing. Bij de meeste voordrachten zat iedereen te doen alsof hij het allemaal begreep. Ik heb zo vaak meegemaakt dat mensen zaten te bluffen.

“In mijn afstudeerproject liep ik totaal vast. Ik moest heel veel moeite doen om überhaupt te zien waar het om ging. Toen ik een hele tijd vast had gezeten, vond ik mijn onderwerp als open vraag in een boek van Eisenbud en Neumann. Ik voelde me niet meer verplicht er verder aan te werken en dacht: ik ga niet klagen, maar ik ga gewoon op zoek naar een onderwerp dat ik wel begrijp. Ik koos toen de Seifertform van vlakke krommingsingulariteiten. Daarbij kon je gewoon rekenen. Toen ontstonden er bij mij weer natuurlijke vragen. Ik overzag het, ik begreep alles wat ik aan het doen was. Ik vond het weer leuk.

“Ineens kwam ik erachter, eigenlijk min of meer toevallig, dat ik een stelling uit 1874 van een zekere Eduard Selling kon gebruiken om te bewijzen dat de Seifertform van een vlakke krommingsingulariteit de onderlinge snijgetallen van haar takken bepaalt. Ik was heel erg trots dat ik dat had gevonden. De frustratie van al die jaren kreeg zo een ruime beloning. Niemand om je heen begreep mijn geluk helemaal, maar ik wist hoe hard ik ervoor had gevochten.

“Ik had het mijn hoogleraar nog niet verteld toen er twee mensen uit Frankrijk op bezoek kwamen. Tijdens een discussie na één van hun voordrachten bleek dat de twee gasten precies dat probleem tevergeefs hadden geprobeerd op te lossen. Toen ze hoorden dat ik een oplossing had, telde ik plotseling mee. Ik werd uitgenodigd om koffie met hen te drinken. Ze vroegen me te vertellen wat ik had gevonden. Dat heb ik toen zeven uur achter elkaar gedaan, in gebrekkig Frans. Ze wilden het precies weten: ‘Hoezo? Laat eens zien. Hoe doe je dat? Waarom is dit überhaupt waar?’ Het was erg spannend. Uiteindelijk konden ze er geen speld tussen krijgen. Het was dus goed.

“Ze nodigden me uit om een week naar Frankrijk te komen. Dat gaf natuurlijk wel een *kick*. Toch was ik ook wel zenuwachtig. Tijdens één van mijn voordrachten riep iemand: ‘Dit is verkeerd!’ Het was een man die alles wist over kwadratische vormen, waar ik eigenlijk bijna niets van wist. Maar ik heb hem, met zweet in mijn handen, weten te overtuigen. Toen vond hij het ineens triviaal. Dat leerde me weer wat over de arrogantie van sommige wiskundigen. Die stelling was helemaal niet triviaal. Hij heeft mij heel veel kracht van mijn leven gekost.

“Na mijn afstuderen bood Brieskorn me een baan aan. Na een tijd van uitputting en frustraties hoorde ik er opeens helemaal bij. Als je een stelling vindt, dan ben je iemand. Je krijgt geld, je wordt uitgenodigd. Toch wilde ik liever naar Nederland. Ik ben aan de grens opgegroeid en vond de Nederlanders die ik kende minder formeel. Dat sprak mij aan. Ik hoopte op een minder kille sfeer dan in Duitsland. Ik ben toen bij Jozef Steenbrink terecht gekomen.

“Inderdaad was de sfeer in Nederland veel warmer. Ik weet nog dat ik me aanvankelijk wel eens zorgen maakte over mijn voortgang. Ik was bang dat ik geen goed



idee zou krijgen. Jozef Steenbrink was op die momenten heel vriendelijk, dat was ik helemaal niet gewend. Als ik vastzat, zei hij: ‘Ik weet dat je het kunt.’ Anders niets. Dat was een enorme steun. Ik ben vijf jaar in Nederland gebleven – na vier jaar ben ik er gepromoveerd.

“Tegen het eind van mijn promotietraject was ik met Jozef Steenbrink op een conferentie in Nice. De zon scheen en we hadden alle tijd om met wiskunde bezig te zijn. Zittend bij de Middellandse Zee zei hij: ‘Wat is het toch mooi om wiskundige te zijn. Wil jij dat ook niet worden?’ En toen dacht ik: ja, dat lijkt mij wel wat. Het is zo’n avontuur: je leert mensen uit de hele wereld kennen en je hebt redelijk weinig verplichtingen. Dat was een fantastisch levensgevoel.

“Ik heb een tijdje in Utrecht gewerkt. Vervolgens ging ik solliciteren in Düsseldorf. Maar toen gebeurde er iets wat mijn enthousiasme voor de wiskunde enorm relativeerde en mijn prioriteiten veranderde: mijn vrouw overleed bijna bij de geboorte van onze eerste zoon. Ik ging nog wel werken in Düsseldorf, maar met minder vuur. In de jaren die volgden, raakte ik steeds meer enthousiasme kwijt. Ik zag de zin niet meer zo van mijn werk als wiskundige. En de onzekere werkgelegenheid en vooruitzichten voor mij en mijn gezin om nog vaker te moeten verhuizen gaven mij sterk het gevoel tegenover mijn gezin onverantwoord bezig te zijn. Mijn partner en mijn kinderen zouden heel veel offers moeten brengen voor mijn carrière. Bovendien merkte ik dat ik het zelf ook niet meer kon opbrengen om gefocust met wiskunde bezig te zijn. Kinderen storen je steeds en ik wilde natuurlijk ook graag aandacht aan hen geven.

“De druppel die de emmer deed overlopen was een conferentie in Oberwolfach, in het Zwarte Woud. Ik hield daar een voordracht over dingen die ik echt interessant vond. Niemand reageerde. Alleen Brieskorn vroeg nog iets kleins. Ik raakte er gefrustreerd door. Ik dacht: dit is het moment om iets anders te gaan doen. Toch was ik bang om aan de anderen te vertellen dat ik stopte. Alsof ik het vertrouwen dat ze in me hadden beschaamde. Ik had ook wel het gevoel te hebben gefaald.

“Ik ben docent geworden op een middelbare school in Nijmegen. Het was hard werken, maar het is me uiteindelijk goed bevallen. Ik heb er veel geleerd en ik heb een heel andere wereld mogen ontdekken waarin ik vooral voor andere mensen werk, die mij daarom waarderen.

“Naast mijn werk als leraar ben ik ook vakdidacticus, waardoor ik weer dichter bij het wiskundige vuur zit. Wiskunde is toch een oude liefde. Terugkijkend voel ik wel een beetje *Wehmut*. Ik ben jaren lang heel erg voor het vak gegaan en heb nog onafgemaakte ideeën liggen. Het doet me een beetje pijn als ik daaraan denk. Spijt van mijn keuzes heb ik zeker niet, maar misschien ga ik ooit nog wel eens met wiskunde verder.”

### **5.3 Zin en onzin**

WORDT WISKUNDE BELEefd ALS EEN  
ZINVOLLE TIJDSBESTEDING, OOK ALS ZE  
NIET DIRECT WORDT TOEGEPAST?

### 5.3.1 Barbara van den Berg: ‘Wat zijn we aan het doen?’ denk ik soms.



#### Wiskundig curriculum vitae:

1991 – 1992  
propaedeuse filosofie aan de Universiteit Utrecht  
1992 – 1997  
studie wiskunde aan de Universiteit Utrecht  
1997 – 2003  
promotie in de algebraïsche topologie bij Eduard Looijenga aan de Universiteit Utrecht  
2002 – heden  
junior docent aan de faculteit Wiskunde & Informatica van de Universiteit Utrecht

“Ik vond wiskunde het leukste schoolvak. Je hoefde niets van de leraar aan te nemen, maar kon de hele stof stapje voor stapje begrijpen. Vooral Euclidische meetkunde en projectieve meetkunde vond ik leuk. Mijn leraar vertelde er mooi over. In het laatste jaar vroeg ik aan mijn leraar hoe het is om wiskunde te studeren. Hij zei dat hij het leuk had gevonden. En dat hij na de studie leraar was geworden, omdat hij niet met computers wilde werken. Toen besloot ik om geen wiskunde te gaan studeren. Ik vond mezelf ook geen ‘programmeertype’ en leraar worden sprak me net zo min aan. In die tijd had ik een onvolledig beeld van wiskunde. Ik dacht dat het heel technisch zou zijn, dat je op de universiteit zou leren hoe je de toppen van ingewikkelde functies kunt berekenen.

“Ik heb eerst een jaar wat anders gedaan, daarna ben ik filosofie gaan studeren. Logica vond ik erg leuk, de rest minder. De logicadocent vertelde me dat hij zelf wiskunde had gestudeerd. Hij raadde mij aan dat ook te gaan doen. Toen dacht ik: ik waag het erop. Wordt het niets, dan gebruik ik het als bijvak bij filosofie. Ik ging vastbesloten naar de studieadviseur van wiskunde, maar die zei dat ik er nog maar eens goed over moest nadenken. Het zou waarschijnlijk erg moeilijk voor me zijn, aangezien ik een studie als filosofie gewend was. Dat was niet erg bemoedigend. Toch besloot ik om het te gaan proberen.

“Het eerste half jaar wiskunde viel behoorlijk tegen. Analyse a vond ik vreselijk. Ik snapte niet waar dat over ging en waar ze heen wilden. Ik liep constant achter. Lineaire algebra vond ik wel weer leuk. Dat overzag ik. Het sloot aan bij mijn intuïtie. Met kerst heb ik overwogen om te stoppen, maar toch besloten het nog een kans gegeven.

“Het half jaar dat volgde, was veel leuker. Opeens begreep ik de analysevakken. Bovendien kregen we een college dat ik geweldig vond, namelijk groepentheorie van Eduard Looijenga. We leerden hoe je de mogelijke kleuringen kunt tellen van symmetrische lichamen. Stel dat je bijvoorbeeld een kubus verft met hooguit drie kleuren en alle zijvlakken geef je één kleur, hoeveel verschillende gekleurde kubussen kun je dan krijgen? Dat kun je met groepentheorie moeiteloos berekenen. Als je het met de hand

had moeten uitschrijven, was dat een lange, saaie klus geweest. De uitkomst van zo'n opgave is natuurlijk niet zo interessant, maar de oplossingsmethode wel. De wisselwerking tussen algebra en meetkunde fascineert me. Looijenga's manier van werken vond ik ontzettend mooi. Zijn colleges waren glashelder. Hij streefde ernaar om alles eenvoudiger in plaats van moeilijker te maken. Hij inspireerde me zodanig dat ik na het eerste jaar verder ben gegaan met de wiskundestudie. In de jaren die volgden, heb ik alle vakken gekozen die hij gaf. Ik vond ze allemaal leuk. De meeste vakken buiten de algebra en meetkunde vond ik veel minder interessant.

“Na de studie kreeg ik een promotieplaats bij Looijenga, waar ik erg blij mee was. Het leek me leuk om me vier jaar met één onderwerp bezig te kunnen houden. En om eindelijk zelf productief te kunnen zijn. Het eerste jaar van mijn promotie vond ik inderdaad erg leuk. Ik had een mooie, omkaderde onderzoeksvraag en was lekker bezig.

“Dat veranderde toen Doetoe, mijn kamergenoot, stopte met zijn promotie. Tijdens de studie en tijdens het eerste promotiejaar hebben Doetoe en ik vaak samen over wiskunde gepraat. Sinds hij weg is, heb ik niet zo'n maatje meer. Sindsdien praat ik bijna alleen met Looijenga over mijn onderzoek. Vroeger dacht ik dat het heerlijk zou zijn om veel alleen te werken. Je kunt zelf bepalen wat je doet en hoeft geen tijd te besteden aan anderen die het allemaal anders willen. Maar nu heb ik behoefte aan samenwerken. Ik heb, denk ik, teveel alleen gewerkt. Doetoe is bij een *research and development*-afdeling van een computerbedrijf gaan werken. Daar zit veel meer vaart in het werk. Mijn onderzoek gaat traag. Ik zit vaak lange tijd vast, verzand in problemen. Soms werk ik maanden aan iets dat ik later moet weggooien, omdat het op niets is uitgelopen. Vergeleken met Doetoe voel ik me vaak totaal nutteloos in mijn werk.

“Wat zijn we aan het doen?, denk ik soms. Iedereen heeft zijn eigen problemen waar hij zich druk om maakt. Iedereen zit er in zijn eigen kamertje aan te werken. Als ik tijdens voordrachten naar de resultaten van dit werk luister, begrijp ik soms niet waarom dit ons zo boeit. Dat komt ook omdat ik vaak maar weinig van die praatjes begrijp, behalve als ik thuis ben in het onderwerp. Halverwege mijn promotie besloot ik dat ik na afloop werk buiten de universiteit wilde gaan zoeken.

“De laatste tijd vind ik wiskunde leuk als ik vooruit kom. Bijvoorbeeld als ik een nieuw idee krijg voor een bewijs of me realiseer dat een bepaald probleem minder moeilijk is dan ik aanvankelijk dacht. Het zijn kleine dingen, maar ze brengen me wel dichterbij de eindstreep. Daarentegen word ik er wel eens moedeloos van als dingen moeilijker blijken te zijn dan ik had gedacht. Of als blijkt dat ik me in iets heb vergist, waarvan ik eerst zeker dacht te zijn. Het benauwt me dat je in mijn vakgebied zo gemakkelijk fouten kunt maken. Soms kun je redeneringen met testjes en voorbeelden controleren, maar vaak niet.

“In oktober 2003 hoop ik te promoveren.<sup>12</sup> Daarna ga ik werk zoeken dat meer in de maatschappij staat. Ik wil graag een baan waarin ik de precieze manier van denken die ik de afgelopen jaar zo getraind heb, kan gebruiken. Verder sta ik nog open voor alles. Ik ben blij als ik überhaupt werk kan vinden.”

---

<sup>12</sup>Dit is gelukt.

### 5.3.2 ONZIN

Philip Davis en Reuben Hersh, zelf wiskundigen, schetsen in ‘The Mathematical Experience’ een fictief gesprek tussen een wiskundige en een medewerker van de universitaire persdienst [15, blz. 37 – 38]. De wiskundige is een karikatuur. Hij is ‘the most mathematician-like mathematician’, ‘an impossibly pure specimen’. In het fragment wordt hij aangeduid met ‘I.M.’ (ideal mathematician). De medewerker van de persdienst wordt aangeduid met ‘P.I.O.’ (public information officer).

P.I.O. I was given the assignment of writing a press release about the renewal of your grant. (...) I thought it would be a good challenge for me to try and give people a better idea about what our work really involves. First of all, what is a hypersquare?

I.M. I hate to say this, but the truth is, if I told you what it is, you would think I was trying to put you down and make you feel stupid. The definition is really somewhat technical, and it just wouldn’t mean anything at all to most people.

P.I.O. Would it be something engineers or physicists would know about?

I.M. No. Well, maybe a few theoretical physicists. Very few.

P.I.O. Even if you can’t give me the real definition, can’t you give me some idea of the general nature and purpose of your work?

I.M. All right, I’ll try. Consider a smooth function  $f$  on a measure space  $\Omega$  taking its value in a sheaf of germs equipped with a convergence structure of saturated type. In the simplest case...

P.I.O. Perhaps I’m asking the wrong questions. Can you tell me something about the applications of your research?

I.M. Applications?

P.I.O. Yes, applications.

I.M. I’ve been told that some attempts have been made to use non-Riemannian hypersquares as models for elementary particles in nuclear physics. I don’t know if any progress was made.

(...)

P.I.O. Do you see any way that the work in your area could lead to anything that would be understandable to the ordinary citizen of this country?

I.M. No.

P.I.O. How about engineers or scientists?

I.M. I doubt it very much.

P.I.O. Among pure mathematicians, would the majority be interested in or acquainted with your work?

I.M. No, it would be a small minority.”

Binnen de zuivere wiskunde draait het niet om toepassingen en een echte wiskundige maakt zich daar niet druk om, suggereert bovenstaande tekst. In de interviews met de zuiver-wiskundigen wordt dit beeld bevestigd. Sommigen wisten te melden dat er in de theoretische natuurkunde mogelijke toepassingen lagen, maar concrete voorbeelden hadden ze niet voorhanden. Het leek hen ook weinig te interesseren. Een enkeling vertelde zelfs dat hij niets van toepassingen moest hebben. Rainer Kaenders: “Het ana-

lysecollege in het eerste studiejaar vond ik gekunsteld en technisch. Ik vond het een beetje vies dat er ook toepassingen in voor kwamen”.

Deze houding kan echter helemaal omslaan. Dat is gebeurd bij Rainer Kaenders en bij Barbara van den Berg. Ergens in hun carrière kregen ze enorme behoefte om werk te gaan doen dat directe invloed heeft op de maatschappij.

Ook tijdens de studie kennen sommigen momenten van vervreemding bij het bestuderen van zuivere wiskunde. Femia Smit: “De wiskundecolleges vond ik vaak erg abstract. In de eerste minuten kon ik het volgen, maar op een gegeven moment raakte ik de draad kwijt. Dan zag ik de docent het bord vol schrijven met bewijzen die ik niet begreep en dacht ik: waarom zit ik hier eigenlijk? Ik heb concrete voorbeelden en toepassingen nodig om te kunnen begrijpen waar een theorie over gaat”.

#### 5.3.3 ZIN

De geïnterviewde hoogleraren in de zuivere wiskunde geloven niet dat zij met een zinloze onderneming bezig zijn. Ook al maken ze zich nu niet druk om toepassingen, ze zijn ervan overtuigd dat zuivere wiskunde van belang is voor de samenleving. Ze levert een bijdrage aan cultuur en wetenschap en kan op termijn ook economisch nut hebben.

Hetzelfde standpunt wordt in de literatuur uitgebreid verdedigd door Timothy Gowers, professor in de functionaal analyse en combinatoriek aan de University of Cambridge en winnaar van de *Fields Medal*. Hieronder een gedeelte uit een rede van hem voor een publiek van wiskundigen, journalisten en beleidsmakers:

“Mathematics is a worthwhile endeavour. I will give two arguments, the first based on the practical utility of mathematics and the second on its cultural value. (...)”

Although individual mathematicians are motivated primarily by a subtle mixture of ambition and intellectual curiosity, and not by a wish to benefit society, nevertheless, mathematics as a whole does benefit society. (...) mathematics is cheap, and occasionally produces breakthroughs of enormous economic benefit, either directly, (...), or indirectly, as a result of providing the necessary theoretical underpinning of science. (...) those who engage in mathematical research also teach very bright students, many of whom do not themselves become mathematicians, but rather use their mathematical training in ways that directly contribute to the world economy. (...)

The cultural case (...) is that knowledge is worth pursuing for its own sake. Just as one of the rewards for individual mathematical or other cultural success is a form of immortality, so entire societies, ancient Greece being the most obvious example, are remembered for their contributions to knowledge long after their political and economic influence had faded. (...) The beauty of some mathematics contributes to its importance. This is not just because we want as much beauty in the world as possible - after

all, the beauty of higher mathematics is appreciated by only a tiny minority of the world's population. A more serious reason is that there is a remarkable correlation between mathematics that is beautiful, and mathematics that is important [24].”

Wiskunde wordt toegepast bij grootschalig rekenen, in de statistiek, logistiek, deeltjesfysica, financiële wiskunde, bij de digitalisering en beeldverwerking, in de cryptografie, bij het bestuderen van niet-lineaire dynamische systemen in andere bètadisciplines, bij DNA-onderzoek en bij het maken van software [36].

Sommige geïnterviewden putten motivatie uit de toepasbaarheid van wiskunde. Dat doen ze op twee verschillende manieren. De eerste groep is primair gericht op inzicht. Mark Peletier stelt zich bijvoorbeeld wiskundige vragen over fenomenen binnen de biologie. Er is geen bioloog die hem gevraagd heeft dit te doen. De antwoorden hoeven niet direct van praktisch nut te zijn, maar ze helpen hem om inzicht te krijgen in de natuur. Andere geïnterviewden willen direct resultaat zien. Bijvoorbeeld Simone van Neerven, die voor TPG uitzocht of het goedkoper zou zijn om meer post machinaal te sorteren. Zij zegt er een *kick* van te krijgen als de mensen op de werkvloer tevreden zijn met haar oplossing.

De eerste twee jaar van mijn wiskundestudie aan de Universiteit Utrecht bestonden uit abstracte vakken. Aan toepassingen werd nauwelijks aandacht besteed. In de latere studiejaren was er de mogelijkheid te kiezen voor een meer toegepaste of een meer zuivere richting.

Zelf koos ik een zuivere richting, namelijk meetkunde en topologie. Deze wiskunde vond ik het leukst en het mooist. Ook ik maakte me aanvankelijk niet druk om toepassingen of maatschappelijke waarde, maar dat veranderde gaandeweg. In mijn vierde studiejaar wilde ik graag ‘nuttige wiskunde’ leren. Het leek me leuk om wiskunde toe te passen in de biologie. Helaas bleek je daarvoor wiskundevakken nodig te hebben die ik niet gekozen had en die me niet zo interessant leken, namelijk statistiek en differentiaalvergelijkingen. Dat had ik er niet voor over.

Eigenlijk heb ik dus geen recht om te klagen: ik had toegepaste vakken kunnen kiezen, maar deed het niet. Toch had ik het leuk en zinvol gevonden als er in de eerste twee studiejaren en in de meetkunde- en topologievakken meer toepassingen aan de orde waren gekomen, al was het maar zijdelings. Ik vind namelijk dat ik een hiaat heb in mijn algemene ontwikkeling als wiskundige. Ik kan nog steeds niet uitleggen hoe beveiligingssystemen werken, ik weet niets van techniek, ik weet niet waar in de natuurkunde differentiaaltopologie wordt toegepast en ik heb geen idee hoe wiskunde toegepast wordt in de informatica of econometrie.

Ondanks dit alles was de wiskundestudie voor mij niet nutteloos. De studie hield me scherp en bood een training in redeneren en analytisch denken. Daarnaast heb ik geleerd me snel onbekende wiskunde eigen te maken. Dat komt me nu als wiskundecollega regelmatig van pas.

### 5.3.4 Hans van Duijn: fantastisch dat andere wetenschappers mijn resultaten konden gebruiken.



#### Wiskundig curriculum vitae:

1972 – 1975

studie natuurkunde aan de Technische Universiteit Eindhoven

1975 – 1979

promotie in de niet-lineaire analyse bij L.A. Peletier aan de Technische Universiteit Delft en de Rijksuniversiteit Leiden

1980 – 1983

onderzoeker bij het Laboratorium voor Grondmechanica in Delft

1983 – 1995

universitair hoofddocent aan de Technische Universiteit Delft

1990 - 1997

bijzonder hoogleraar aan het Mathematisch Instituut van de Universiteit Leiden

1995 – 2000

hoofd van de afdeling ‘Modellering, analyse en simulatie’ op het Centrum voor Wiskunde en Informatica

1997 – 2000

hoogleraar aan de Technische Universiteit Delft

2000 – heden

hoogleraar toegepaste analyse aan de Technische Universiteit Eindhoven

“Natuurkunde was op school mijn mooiste vak. Ik vond het mysterieus en wilde meer weten dan in het boek stond. Natuurkunde had in die tijd ook een heel positief imago. Iedereen praatte opgewonden over de eerste maanlanding. Na de middelbare school ben ik natuurkunde gaan studeren aan de Technische Universiteit Eindhoven. Een prachtige studie. Wiskunde kwam er jammer genoeg niet zo goed vanaf, want het werd gepresenteerd als één grote trucendoos. Er viel van alles uit de lucht, de ene transformatie na de andere.

“Na de studie heb ik gesolliciteerd voor een promotieplaats aan de Technische Universiteit Delft. Ik kwam terecht bij Bert Peletier. Hij gaf me een aantal boeken, waaruit ik abstracte wiskunde moest leren. Dat was wel even wennen. Ik had tijdens de natuurkundestudie wel leren rekenen, maar niet echt geleerd om wiskundig te abstraheren. Toch kreeg ik al gauw de smaak te pakken.

“Het laatste jaar van mijn promotietijd was minder makkelijk. Het onderzoek haalde en schortte. Hoofdstuk vier, vijf en zes waren al klaar, maar hoofdstuk drie was lastig. Ik twijfelde of ik wel geschikt was voor wiskundig onderzoek. Ik leefde voort-



durend in onzekerheid. Ik had een gezin, maar geen uitzicht op een vaste baan. Toen ik na mijn promotie post-doc werd in Amerika, bleef die onzekerheid. Het was een ontzettend gesodemieter om met drie kinderen naar het buitenland te verhuizen. Bovendien bleef ik over mezelf twijfelen: was ik wel goed genoeg, in welk vakgebied moest ik me positioneren? Ik voelde me ook erg afhankelijk van de mensen in het kleine wiskundewereldje. Na dat jaar in Amerika besloot ik een baan buiten de universiteit te gaan zoeken. Ik wilde onafhankelijker en sterker worden. Achteraf gezien een goede beslissing.

“Ik werd toegepast wiskundige bij het Laboratorium voor Grondmechanica. In die tijd ontdekten ze in Nederland het eerste geval van bodemverontreiniging. Ik hielp mee met de modellering hiervan. We werkten in een geweldig leuk team. Het was een verademing na het vele werk alleen. Bovendien vond ik het leuk dat mijn collega's grote bewondering hadden voor wat ik deed. Ik heb in die tijd veel geleerd. Ik heb een koffer vol problemen verzameld, waar ik nu nog steeds uit pluk. Bovendien heb ik de infrastructuur leren kennen van instituten die zich bezighouden met grondwater- en milieuproblemen. Toch liep ik er na een paar jaar stuk. Er werd bezuinigd en mijn baas vond dat ik me te gelde moest gaan maken. Ik moest me technischer gaan oriënteren. Er was nauwelijks nog tijd en waardering voor onderzoek. Ik had het gevoel niet meer vooruit te komen.

“Ik ging werken aan de Technische Universiteit Delft en had een succesvolle tijd. Hier heb ik me onder andere bezig gehouden met het modelleren van de opslag van drinkwater in de ondergrond. We slaan ons zoetwater op door het te infiltreren in de duinen. Het zoete water mengt nauwelijks met het zoute grondwater, maar drijft er als een bel op. Ik bestudeerde het grensvlak met technieken uit de harmonische analyse. Het uiteindelijke doel was de beste plaats te vinden om het zoetwater omhoog te pompen. Het was fantastisch om te zien dat andere wetenschappers mijn resultaten konden gebruiken.

“Nu ben ik hoogleraar toegepaste analyse. Ik houd me nog steeds bezig met zowel praktische problemen als abstracte theorie. Ik voel me een jongleur die verschillende ballen in de lucht probeert te houden. Aan de ene kant een serieus wiskundeprofiel, aan de andere kant voeling met de praktijk. Dat geeft een spanning, maar ook een enorme uitdaging.

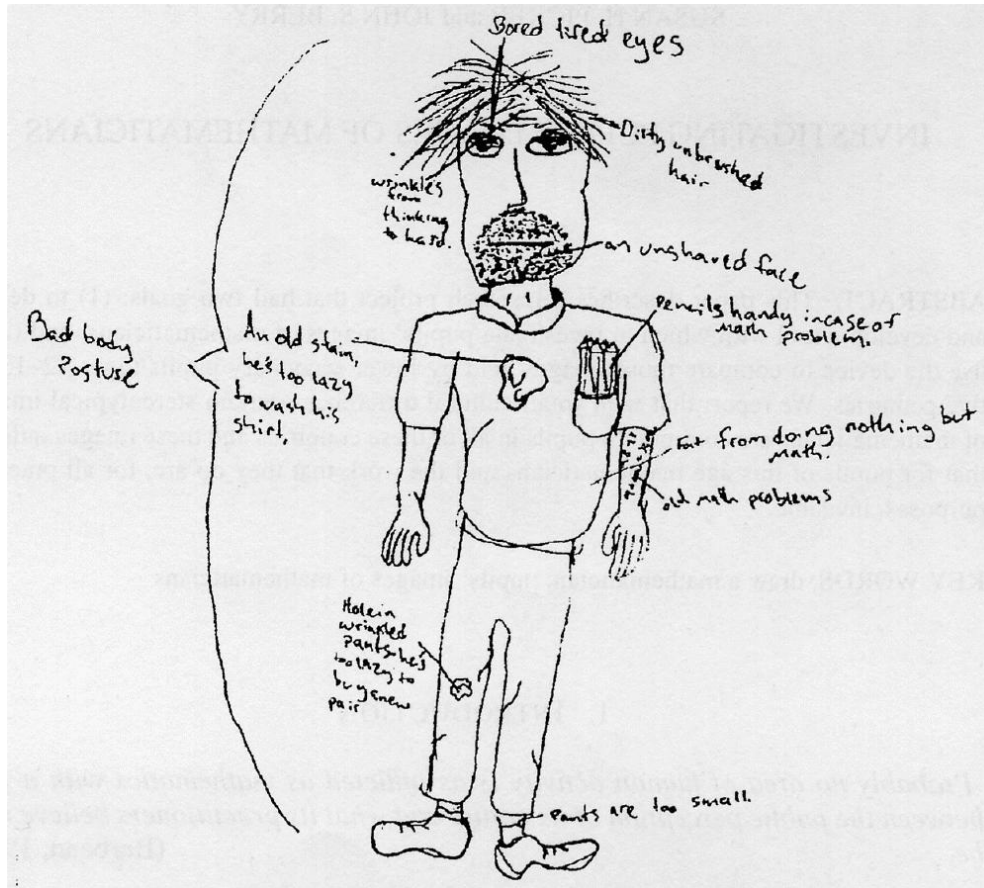
“Onderzoek doen is een sport voor mij. Ik vind het geweldig om een abstracte fundering te geven aan natuurkundige fenomenen, om de zaak echt precies te maken. Ik ontdek een praktisch probleem, zoek een formulering, raadpleeg mensen uit heel Europa. Het is heerlijk als het muntje valt. Ik kreeg een bijvoorbeeld een enorme *kick* toen ik opeens begreep hoe een entropieconditie in een bepaalde vergelijking werkt. Ik zag dat andere mensen het toch niet helemaal in de vingers hadden.

“Het liefst ben ik een middag samen met jonge mensen met wiskunde bezig. Als een aio vertelt dat hij vastzit, trek ik zo mogelijk de stekker van de telefoon eruit en sluiten we ons op. Helaas zijn er steeds minder jonge mensen in wiskunde geïnteresseerd. Daar lig ik wel eens van wakker. Het is zo'n mooi vak. Je gaat tot op de bodem bij jezelf, dat geeft heel veel voldoening. Dat gun ik jonge mensen ook.”

## 5.4 Onder wiskundigen

WISKUNDIGEN KOMEN ER IN DE BEELD-  
VORMING SLECHT VANAF. IS DAT TE-  
RECHT? HOE KIJKEN WISKUNDIGEN NAAR  
HUN VAKGENOTEN?

## 5.4.1 STEREOTYPE BEELDEN



Figuur 3: Tekening van een wiskundige door een jongen ( $\pm 12$  jaar oud) uit de Verenigde Staten.

Deze tekening werd gemaakt binnen het kader van een onderzoek naar de beeldvorming rond wiskundigen. Susan H. Picker en John S. Berry vroegen 476 kinderen van twaalf of dertien jaar oud een wiskundige te tekenen die aan het werk is. Ze ondervroegen kinderen uit de Verenigde Staten, Groot-Brittannië, Finland, Zweden en Roemenië [51].

De wiskundigen die werden getekend waren bijna altijd mannen (tabel 5). Alleen de meisjes uit Groot-Brittannië maakten hierop een uitzondering. 57 procent van hen tekende een vrouwelijke wiskundige. Dit resultaat wordt door de onderzoekers toegeschreven aan de invloed van het televisieprogramma *Countdown*, met de televisiester Carol Vorderman, een voormalig ingenieur. Ruim 21 procent van alle kinderen tekende een wiskundeleraar.

## 5.4 Onder wiskundigen

---

De onderzoekers vonden zeven karakteristieken die in elk land door één of meerdere kinderen getekend werden.

- 1) Wiskundedocenten gebruiken intimidatie, geweld of dreiging om hun leerlingen wiskunde te laten leren.
- 2) Wiskundigen ontberen gezond verstand, hebben geen oog voor kleding of kunnen zelf niet rekenen. Kortom, ze zijn dwaas.
- 3) Wiskundigen zien er gespannen of overspannen uit.
- 4) Wiskundigen kunnen niet lesgeven. Ze kunnen geen orde houden of beheersen zelf de stof niet.
- 5) Wiskundigen zijn verachtelijk, omdat ze bijvoorbeeld te slim zijn.
- 6) Wiskundigen lijken op Einstein.
- 7) Wiskundigen hebben speciale krachten. Wiskundigen worden afgebeeld als een soort tovenaars.

De kinderen lijken hun tekeningen niet te baseren op de wiskundedocent die ze op dat moment hebben, rapporteren de onderzoekers. De jongen die bovenstaande tekening maakte, had bijvoorbeeld een vrouwelijke, Aziatische docent. De onderzoekers veronderstellen dat de beelden overgedragen worden door de media en de directe omgeving.

Land	Jongens die een man tekenen	Jongens die een vrouw tekenen	Meisjes die een man tekenen	Meisjes die een vrouw tekenen
Verenigde Staten	93,8	3,1	61	30,5
Groot Britannië	93,8	6,2	41,2	56,9
Finland	86,4	0	52,0	20,0
Zweden	100	0	79,1	20,1
Roemenië	100	0	75,0	16,7

Tabel 5: Geslacht van de wiskundige in de tekening, in procent

In sommige gevallen is het geslacht niet duidelijk uit de tekening of de bijgeschreven tekst. *Bron: [51]*

In boeken, films en in het theater is er inderdaad sprake van een eenzijdige beeldvorming van wiskundigen. Janelle L. Wilson (*associate professor* in sociologie en antropologie aan de University of Minnesota Duluth) en Carmen M. Latterell (*assistant professor* in wiskunde en statistiek aan dezelfde universiteit) hebben onderzocht hoe wiskundigen worden geportretteerd in de Verenigde Staten [68]. Dit blijkt bijna altijd negatief te zijn. In populaire strips worden ze meestal afgebeeld als *nerds* of *social misfits*. Als er al een wiskundige voorkomt als personage in een roman, film of theaterstuk, dan is het meestal iemand met problemen. Vaak psychische problemen. Ter illustratie: van de zestig onderzochte romans waarin een wiskundige voorkomt, gaat het in vijfenvertig procent van de gevallen om personages die in die problemen zitten en in nog eens twintig procent van de gevallen om mensen die gek zijn [68, noot 1, verwijzend naar een onderzoek van Alex Kasman].

Dit wordt bevestigd door Ferdinand Verhulst van het Mathematisch Instituut in Utrecht, die in het Nieuw Archief voor Wiskunde een aantal romans met wiskundigen in de hoofdrol bespreekt: ‘Wilde getallen’ van Philibert Schogt, ‘Wiskundige moeders’ van Sue Woolfe, ‘Uncle Petros and Goldbach’s Conjecture’ van Apostolos Doxiadis en ‘De vitalist’ van Gerrit Krol. Met alle wiskundigen in deze romans is er wel iets aan de hand. Ze zijn bezeten van wiskunde, sociaal onhandig, vreemd of randpsychotisch. Het grote publiek ziet wiskundigen als ‘grijze muis of geniale gek’, aldus Verhulst [67].

Ook Aad Goddijn, werkzaam aan het Freudenthal Instituut in Utrecht, heeft voorbeelden van negatieve beeldvorming in de literatuur rondom wiskunde en wiskundigen. In de bloemlezing van literaire fragmenten die hij heeft samengesteld, krijgt vooral de wiskundeleraar er menigmaal van langs. “Dorheid en arrogantie zijn nog de minste van hun ondeugden”, schrijft Goddijn [22, blz. 66]. Ter illustratie twee voorbeelden:

“Nu onderscheidde ook Rijkert, vlak in de nabijheid onder het gesnap en gegons door, twee stemmen, die hij herkende als de droge, doceerende van den wiskundeleeraar, en de zachte, indringend melodieuze van hun vriend, die het Grieksch onderwees. “Alweer zijn ze samen”, fluisterde Hendrik, en beiden schudden zij de hoofden over dat onoplosbare raadsel, deze genegenheid van hun beminden meester voor hem, dien zij, om zijn dorre onbuigzaamheid, den takkenbos noemden, alsof zich het hout hier met het vuur had vereenigd en toch niet ontvlamde. Even mijmerden zij hierover, maar werden dadelijk weer tot volle aandacht gedwongen, want de stroeve stem sprak plotseling hun namen uit.”

*Uit: De mythe van een jeugd, Aart van der Leeuw [40]*

Hoewel F.B. Hotz in zijn korte verhaal ‘Zeelucht’ minder expliciet is, zal waarschijnlijk niemand ontkennen dat hij wiskundeleraars geen compliment maakt. De hoofdpersoon N. gaat naar een pianorecital [34]:

“In de kleine zaal was weinig belangstelling, maar het wel aanwezige publiek leek uitgelezen. Het glom er van zijde en pommade. Kenners, waarschijnlijk. N. voelde zich outsider. Hij zocht een stoel waar het in ieder geval niet tochtte. De pianist zag eruit als een jonge wiskundeleraar en had een glimlachje. N. dacht aan publieksverachting. Het stukje na de pauze – een kleine suite genaamd ‘1922’ – vond N. het treffendst. Er klonk een droomobsessie van stad- en nachtleven in door. En ook verlaten alcohol-droefheid.”

Bovenstaande zin van F.B. Hotz bracht in mijn omgeving nog een ander aspect van de beeldvorming van wiskundeleraars aan het licht. Toen ik deze zin aan een paar vrienden liet lezen die geen wiskunde hebben gestudeerd, konden ze zich aanvankelijk geen beeld vormen van een ‘jonge wiskundeleraar’. Dat leek hun een contradictio in terminis. Zij meenden dat de zin als volgt moest worden gelezen: de pianist ziet eruit als iemand die vroeg oud is en bovendien droog, grijs en stoffig is. Ook over de leeftijd van ‘de wiskundige’ bestaan dus ideeën.

## 5.4 Onder wiskundigen

---

In hoeverre komen deze veronderstellingen overeen met de werkelijke situatie? De veronderstelling dat de gemiddelde wiskundige op leeftijd is, is terecht. De populatie van Nederlandse wiskundigen is sterker aan het vergrijzen dan de Nederlandse bevolking in het algemeen. Er is een dalende trend in de instroom van wiskundestudenten. De Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen noemt de aantallen Nederlandse wiskundestudenten zelfs ‘alarmerend laag’ in vergelijking met de ons omringende landen [36, blz. 20]. Jong talent kan op de universiteiten moeilijk doorstromen vanwege het opheffen van leerstoelen als gevolg van bezuinigingen [36, blz. 24]. In 2002 was meer dan de helft van de (gewone) hoogleraren ouder dan 55 (zie tabel 6).

Dat de meeste tieners zich een man voorstellen als ze aan een wiskundige denken, is ook niet onterecht. In Nederland zijn de mannen ruim in de meerderheid bij de studie wiskunde. In het collegejaar 2002/2003 stonden er 150 vrouwelijke studenten ingeschreven op een totaal van 540 [CBS]. Onder de universitaire onderzoekers en docenten is de verhouding vrouw/man nog kleiner. Van de 100 promovendi en post-docs die in het afgelopen jaar gesubsidieerd werden door NWO waren er 19 vrouw [NWO]. Hoe hoger de functie, des te minder vrouwen. Onder de ongeveer honderd hoogleraren wiskunde aan de Nederlandse universiteiten zijn er momenteel maar twee vrouwen [66, blz. 152].

De wiskundigen die ik ken, zien er zeker niet zo slonzig uit als de Amerikaanse jongen tekende (figuur 1, blz. 34). Toch klopt het dat wiskundeonderzoekers op de universiteit over het algemeen weinig aandacht aan hun uiterlijk besteden. De standaardoutfit bestaat uit een onopvallende blouse of trui op een spijkerbroek of eenvoudige pantalon. Soms met jaren lang hetzelfde jasje.

Over de geestelijke gezondheid en sociale vaardigheden van wiskundigen in het algemeen heb ik in de literatuur geen onderbouwde gegevens kunnen vinden. Zelf geloof ik dat het met de geestelijke gezondheid van wiskundigen niet zo slecht gesteld is. Alle wiskundigen die ik ken, zijn bij hun volle verstand.

Leeftijd	Aantal	Percentage
61 – 65	17	20
56 – 60	30	35
51 – 55	17	20
46 – 50	12	14
41 – 45	5	6
36 – 40	3	3
31 – 35	2	2

Tabel 6: Leeftijdsverdeling Nederlandse gewone hoogleraren wiskunde in 2002

Bron: [36, blz. 44]

### 5.4.2 Pieter Moree: mijn bureau stond bij scheikunde, omdat het daar gezellig was.



#### Wiskundig curriculum vitae:

1983 – 1988  
studie scheikunde en wiskunde aan de Rijksuniversiteit Leiden

1989 – 1993  
promotie in de analytische getaltheorie bij R. Tijdeman aan de Rijksuniversiteit Leiden

1993 – 1994  
post-doc in aan de Princeton University te Princeton

1994 – 1995  
post-doc in aan de Macquarie University te Sydney

1995 – 1998  
wetenschappelijk medewerker aan het Max Planck Instituut te Bonn

1998 – 1999  
post-doc aan de Rijksuniversiteit Leiden

2000 – 2003  
universitair docent (tijdelijk) aan de Universiteit van Amsterdam

vanaf 2004  
wetenschappelijk medewerker aan het Max Planck Instituut te Bonn

“Vanaf mijn dertiende haalde ik boeken uit de bibliotheek over allerlei onderwerpen, van geschiedenis tot astronomie. Ik heb ook een aantal wiskundeboeken gelezen. Onder andere een boek over differentiaalvergelijkingen van E.L. Ince en een paar boeken over getaltheorie. Ook heb ik wat statistiek bestudeerd, om mijn vader met een statistisch probleem te helpen dat hij op zijn werk — het verfinstituut van TNO — tegenkwam. Ik vond de boeken intellectueel heel bevredigend. Ook schreef ik in die tijd graag computerprogrammaatjes. Mijn vader kocht als één van de eerste in onze omgeving een computer. Ik loste er de puzzels uit het NRC-Handelsblad mee op. Het gaf me elke keer een *kick* als dit lukte. Puzzelen op zich vond ik niet zo interessant, maar het bedenken van een algoritme wel.

“Schoolwiskunde vond ik weinig opwindend. ‘Bereken dit’, ‘doe dat’, meer dan saaie sommetjes maken was het niet. Er was ook geen docent die er boeiend over kon vertellen. In het laatste jaar oefenden we alleen nog maar oude examens. Ik werkte ver vooruit en had de uitleg van de docent niet nodig.

“Na de middelbare school ben ik scheikunde gaan studeren. Ik heb wel getwijfeld of ik wiskunde wilde gaan doen, maar de beroepsperspectieven spraken mij niet zo aan. Ik wilde geen leraar worden. Ik wilde ook niet bij een bank of verzekeringsmaatschappij gaan werken, omdat me dat erg saai leek. Ik kan al dat gepraat over de economie en over rente niet echt serieus nemen. Het zijn allemaal maar begrippen die door mensen zijn bedacht; de natuur zit naar mijn mening veel mooier in elkaar. Wiskundig onder-

zoeker wilde ik wel worden, maar je weet van tevoren niet of je daarvoor goed genoeg bent. Scheikunde was een veiligere keuze, omdat er veel meer beroepsmogelijkheden zijn. Het werk leek mij ook gevarieerder. Ik zag mezelf wel in een onderzoekslaboratorium werken.

“In het eerste studiejaar keek ik ernaar uit een interessant onderwerp te vinden op het snijvlak van wiskunde en scheikunde, maar zonder resultaat. Met een paar goede scheikundevrienden had ik het regelmatig over het beginnen van een tweede studie. In de zomervakantie die volgde heb ik wat hertentamens wiskunde gemaakt. Aangezien ik op de middelbare school al veel over wiskunde had gelezen, ging dat gemakkelijk. In een paar weken tijd had ik de helft van het eerste jaar binnen. Ik ben doorgeshaald met beide studies. Dat beviel goed. Ik vond wiskunde erg interessant. Toch was ik ook altijd blij om na een paar weken hard werken aan wiskunde me weer op de studie scheikunde te storten. Ik hou namelijk van afwisseling. Ik had in eerste instantie een praktische visie op wiskunde. Ik was hoofdzakelijk geïnteresseerd in de stellingen en zag het belang van bewijzen nog niet zo in.

“Gaandeweg begon ik wiskunde steeds leuker te vinden. Het kostte me moeite om me nog op scheikunde te concentreren. Ik kreeg een steeds grotere hekel aan de practica. Mijn moeder, ook scheikundige, heeft me er helemaal doorheen gepraat. Net als een gevangene zette ik streepjes op een bord als er weer een dag practicum opzat. Veel scheikundige onderwerpen vond ik ongrijpbaar. De oplossingsmethoden waren me niet nauwkeurig genoeg. Als een vergelijking langer dan één regel was, streepte mijn afstudeerprofessor zomaar allerlei termen weg. Hoewel ik hoge cijfers haalde, had ik het gevoel niet echt te begrijpen waar ik mee bezig was. Mijn afstudeerfase bij wiskunde vond ik wel erg leuk. Getallen vond ik een stuk concreter en hanteerbaarder dan vloeistofdruppels. Ik was erg trots toen ik een nieuwe identiteit dacht te hebben gevonden. Ik schreef hem in sierlijke letters op een blad papier en hing dit boven mijn bureau.

“Mijn bureau stond overigens bij scheikunde, omdat het daar gezellig was. Er werden vaak feestjes georganiseerd. Ik had er ook een aantal goede vrienden, met wie ik zelfs samen op vakantie ging. Met mijn medewiskundestudenten had ik veel minder diepgaand contact. Ik was daar natuurlijk pas in het tweede jaar ingestroomd en had de belangrijkste kennismakingsfase gemist. Toch leek het of de wiskundigen ook echt minder sociaal waren. Ze werkten hard en hadden verder weinig te melden. Bij zoiets als een kaartspel zag je het verschil pas goed. Wiskundigen spelen zo'n spel heel serieus, precies volgens de regels. Het gaat erom hoe slim je bent. Bij scheikunde gaat het om het sociale gebeuren. Af en toe pakt iemand stiekem een kaart weg om de rest om de tuin te leiden. Dat vind ik zelf veel leuker.

“Toen mijn afstudeerproject klaar was, vroeg Tijdeman mij of ik zin had om promovendus te worden. Daar leek me leuk. Het beviel ook goed, tot ik na een paar jaar uitgekeken was op het onderwerp. Hoewel ik graag aan een ander onderwerp was begonnen — ik werk ook nu het liefst aan meerdere problemen tegelijkertijd — durfde ik dat niet. Ik dacht dat een proefschrift een samenhangend betoog moest zijn. Later bleek dat ik me deze beperking zelf had opgelegd. Ook op een bundeling van losse artikelen kun je promoveren. Na mijn promotie twijfelde ik of ik door wilde gaan met wiskunde. Ik vond het nogal een eenzaam bestaan. Toch was het zonde om te stoppen. Ik had jaren in wiskunde geïnvesteerd en was een stuk beter geworden. Eigenlijk had



ik het gevoel net op gang te zijn gekomen. Ik kreeg steeds meer leuke, internationale contacten. Bovendien was er geen ander vak dat ik zo interessant vond als wiskunde.

“In de afgelopen jaren ben ik op verschillende plaatsen post-doc geweest. Vooral in Princeton was het erg leuk. Andrew Wiles had net de Laatste Stelling van Fermat bewezen. Iedereen was opgewonden en er werden veel voordrachten over gegeven.

“Het doen van onderzoek bevalt me heel goed. Het is fantastisch om verder te komen op een terrein dat niemand eerder dan jij betreden heeft. Dat geeft een enorme *kick*. Ik ben blij dat ik in wiskunde verder ben gegaan en niet in scheikunde. Wiskunde is voor mij natuurlijker. Als ik pindakaas op mijn brood smeer, denk ik niet na over de moleculaire structuur. Getallen en patronen komen wel vanzelf in mijn gedachten op. Een andere prettige kant aan wiskunde is dat je niet het gevaar loopt veel tijd te verspillen. Ook al lukt een project niet, je steekt er altijd iets van op. In de scheikunde kan het gebeuren dat je maanden of jaren voor niets werkt, omdat er iets fundamenteels mis blijkt te zijn aan je meetapparaat.

“Het enige wat ik echt mis in mijn werk, is de mogelijkheid om er met mensen in mijn omgeving over te praten. Er zijn in Nederland maar weinig mensen met wie ik echt over mijn onderzoek kan praten. Die zijn bovendien te druk bezig met hun eigen zaken. Mijn wiskundige belangstelling past niet zo goed binnen bestaande Nederlandse onderzoeksgroepen.

“In de toekomst wil ik graag wiskundeonderzoek blijven doen, maar het is erg moeilijk om in Nederland een vaste baan te krijgen. Dat vind ik erg frustrerend. Heb je wel een vaste baan, dan ben je nog niet zeker van je toekomst. Het is helemaal niet zeker of de Nederlandse wiskundeafdelingen allemaal blijven bestaan. Daarom ga ik volgend jaar weer naar het buitenland. Er is me een vaste baan aangeboden aan het Max Planck Instituut in Bonn. Dat is een onderzoeksinstituut dat niet afhankelijk is van studentenaantallen. Wetenschappelijk gezien vind ik het de leukste plaats waar ik ooit gewerkt heb. Het is er een komen en gaan van goede en actieve wiskundigen. Zij hebben geen andere verplichtingen dan het doen van onderzoek en gaan daar dan ook helemaal voor. Sommigen werken tot diep in de nacht door. Ze geven veel voordrachten, ook informele. Er wordt wiskunde ontwikkeld waarvan de *impact* pas over een aantal jaren duidelijk wordt. ‘*The science of tomorrow, is being made today*’, zegt een wetenschapper in de Muppet show over zijn lab. Dat gaat perfect op voor het Max Planck Instituut. Het is er levendiger dan op de meeste wiskundeafdelingen van universiteiten.”

### 5.4.3 Klaas Landsman: de tafelgesprekken zijn vaak verschrikkelijk.



**Wiskundig curriculum vitae:**

1981 - 1985

studie natuurkunde aan de Universiteit van Amsterdam

1985 - 1989

promotie in theoretische hoge-energie fysica aan de Universiteit van Amsterdam

1989 - 1997

wetenschappelijk medewerker aan het Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics aan de University of Cambridge

1997 - heden

wetenschappelijk medewerker aan het Korteweg-de Vries Instituut voor wiskunde van de Universiteit van Amsterdam, de laatste twee jaar als hoogleraar

“Op de middelbare school was ik gefascineerd door natuurkunde en dan met name de kwantummechanica. Het sprak daarom voor zich dat ik natuurkunde ging studeren.

“De natuurkunde die we op de universiteit leerden, was interessant. Maar hoewel ik wiskunde op de middelbare school een leuk vak had gevonden, vond ik de wiskundevakken tijdens de studie niet bijzonder leuk. In het eerste jaar vond ik ze ronduit saai. We kregen lineaire algebra en calculus, vakken waar de schoonheid van wiskunde helemaal niet uit blijkt. Het was gewoon simpel rekenen. In het tweede jaar miste ik bij het vak topologie een historische of andere motivatie. Ik zie nog voor me hoe de docent in het eerste college zonder enige uitleg axioma's op het bord schreef. Ik werd maar door één wiskundecollege echt gegrepen: het college Lie groepen van Van Est. Ook al vond ik de meeste wiskundevakken niet zo interessant, ik deed er wel mijn best voor. Ik wist dat kennis van wiskunde je kan helpen om natuurkundige fouten te voorkomen.

“Na mijn promotie in de natuurkunde kwam ik in Cambridge terecht. Daar zaten veel goede wiskundigen die toevallig op dat moment ook in natuurkunde geïnteresseerd waren. De onderzoeksgroep werd geleid door Michael Atiyah, één van de grootste wiskundigen van de twintigste eeuw. Hij gaf op diep wiskundig niveau voordrachten over mathematisch-fysische onderwerpen. Omdat hij enthousiast vertelde en bovendien gedreven mensen om zich heen had verzameld, besloot ik me op de mathematische fysica te richten. Dat is goed bevallen. In de tien jaar die volgden, heb ik me vooral in wiskunde verdiept.

“Eigenlijk heeft alle wiskunde waar mijn hart sneller van klopt te maken met de kwantummechanica. De belangrijkste voorbeelden zijn Hilbert-ruimten en niet-commutatieve meetkunde. Ook de gewone differentiaalmeetkunde vind ik heel leuk. Met zuivere wiskunde op zich heb ik niets. Ik geloof dat ik toch geen wiskundige ben in hart en nieren. Ik begrijp bijvoorbeeld niet waarom sommigen in een delirium raken van de

laatste stelling van Fermat. Of waarom mensen algebraïsche meetkunde doen. Technisch gezien is er misschien maar een klein verschil met differentiaalmeetkunde. Maar differentiaalmeetkunde is klassieke natuurkunde en algebraïsche meetkunde is voor mij een veel meer menselijke schepping. Ik interesseer me op zich niet voor kunstmatige, abstracte structuren, tenzij ze mij iets zeggen over zaken die echt bestaan. Vergelijk het met *Lord of the Rings*. Velen zijn daar helemaal bezeten van, mijn echtgenote bijvoorbeeld. Maar die zelfbedachte wereld van trollen en kunstmatige talen zegt me helemaal niets; ik ben bij die film ondanks al het lawaai zelfs in slaap gevallen. De echte geschiedenis is voor mij oneindig veel interessanter.

“Het doen van wiskunde geeft een heel andere bevrediging dan het doen van natuurkunde. Bij wiskunde gaat het me om het proces. Ik hou van het lange, moeizame traject dat nodig is om diep inzicht te verwerven. Hoe langer het traject, des te dieper het in mijn geheugen wordt gegrift en des te groter mijn gevoel van waardering en schoonheid. Ik word er gelukkig van als wiskunde diep in mijn hoofd geboord is. Ik werk dan ook het liefst in vakgebieden die een hoge drempel hebben. Bij natuurkunde kan het me niet zoveel schelen of het traject heel lang was. Ik wil gewoon weten hoe het ervoor staat. En als ik dat uit de krant leer, vind ik dat ook best. Maar ik lees in de krant niet graag over wiskunde.

“Achteraf gezien ben ik erg geïnspireerd geraakt door Atiyah. Juist omdat hij de betekenis van zijn wiskunde voor de natuurkunde overschatte, ging hij met een soort zeven-mijlslaars-enthousiasme door. Zelf ben ik veel cynischer ingesteld. Het duurt vaak heel lang voor ik ergens voor durf te gaan.

“Mijn echte rolmodel is Alain Connes. Ik zou als wiskundige zo willen zijn als hij. Hij is de beste spreker die ik ken. Zo enthousiast als een kind staat hij te praten, al is hij bijna zestig. Hij vertelt veel leuke dingen, zowel over zichzelf als over wiskunde. Daarnaast hebben zijn wiskundige resultaten een enorme diepgang. En bovendien is hij eerlijk naar zijn publiek toe. Hij laat pas resultaten zien als hij weet dat die juist zijn. Dat doen niet alle wiskundigen. Atiyah maakte vaak onterecht propaganda voor zichzelf en zijn leerlingen, vond ik.

“Connes inspireert me enorm. Hij is geïnteresseerd in wat ik doe en kijkt af en toe mee. Hoewel hij in Parijs woont, zie ik hem wel op bijna elke conferentie. Ik heb eens samen met hem een conferentie georganiseerd. Het was een grote eer in zijn buurt eenvoudige klusjes te mogen opknappen.

“In het algemeen houd ik helemaal niet zo van conferenties. De tafelgesprekken zijn vaak verschrikkelijk. Ze gaan meestal over wiskunde. Ik vind het zelf niet bijzonder aangenaam om daarover aan tafel te praten. Maar het is nog erger om met wiskundigen over iets anders dan wiskunde te praten. Als het al een keer over zoiets als politiek gaat, hoor je meestal heel oppervlakkige meningen. In Nederland gaat het bij seminaria bijna altijd over organisatorische dingen. Voor mij is de interactie met wiskundigen slechter dan die met de gemiddelde mens.

“Het ligt ongetwijfeld ook aan mijzelf. Ik zoek weinig contact met wiskundigen. Ik zit het liefst alleen achter mijn bureau te werken.

“Tijdgebrek vind ik momenteel één van de grootste frustraties. Ik kan maar een fractie van mijn werktijd besteden aan het doen van onderzoek. Zeker tweederde van de week gaat op aan het beantwoorden van email, vergaderen, het *reviewen* van artikelen en het schrijven, lezen en beoordelen van onderzoeksvoorstellen. Daarnaast geef ik, naast de normale colleges, bijna elke week wel een of andere voordracht, voor gehoren van scholieren tot hoogleraren. Ik zie dat als een soort verplichting aan de samenleving. Nu bijna geen hond meer wiskunde studeert, moeten wij alle registers opentrekken om het tij te keren. Helaas gaat dat wel ten koste van mijn eigenlijke werk, namelijk het doen van onderzoek. Vroeger haalde ik dat in mijn vrije tijd in, maar dat lukt niet meer sinds ik kinderen heb. Ik kan daardoor de nieuwe ontwikkelingen in de functionaalanalyse, meetkunde en algebra nauwelijks bijhouden. Iedere dag komen er op mijn vakgebied dertig preprints uit op het internet, die ik allemaal wel zou willen lezen. Helaas moet ik me beperken en mis ik belangrijke dingen die in de natuurkunde van pas kunnen komen.

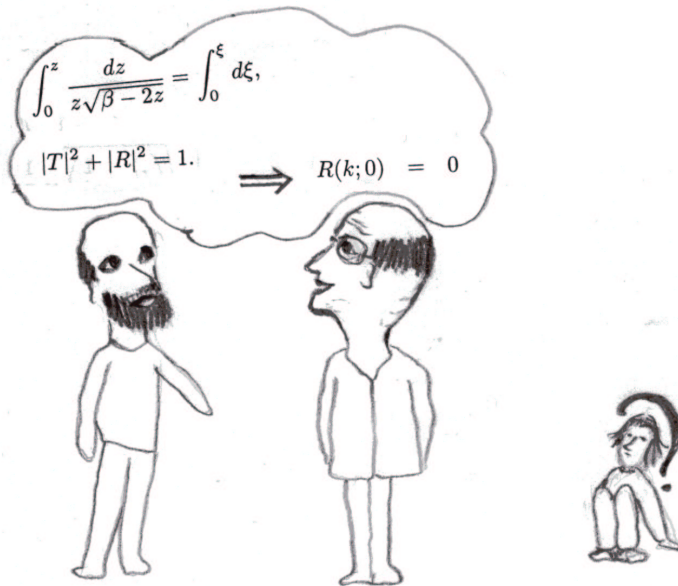
“Tien jaar geleden was ik veel meer van plan dan nu. Ik streefde naar een alomvattend begrip van de hele natuurkunde, met alle wiskunde die erbij hoort. Nu zou ik tekenen voor één promille daarvan. Ik heb grote bewondering voor de mensen die er wel helemaal voor gaan. Voor Newton bijvoorbeeld, die bewust vrijgezel is gebleven om zijn leven aan de wiskunde, natuurkunde, en zijn andere passies als theologie en alchemie te kunnen wijden. Of Beethoven, die wel degelijk vaak verliefd was en wilde trouwen, maar er voor terugdeinsde toen hij inzag dat hij zich dan minder op het componeren zou kunnen concentreren. Als ik net zoveel talent zou hebben gehad, zou ik misschien wel hetzelfde hebben gedaan.”

#### 5.4.4 WISKUNDIGEN OVER ELKAAR

Pieter Moree en Klaas Landsman voelen (of voelden) zich lang niet altijd thuis onder vakgenoten. In totaal doen negen van de zeventien geïnterviewden negatieve uitspraken over wiskundestudenten of over wiskundigen in het algemeen. De volgende aspecten worden genoemd:

- Wiskundestudenten zijn gesloten en contactschuw.
- Wiskundestudenten zijn serieus en ongezellig.
- Universitaire wiskundedocenten staan ver van de werkelijke wereld af.
- Wiskundigen hebben over het algemeen weinig interessants te melden over andere zaken dan wiskunde.
- Universitaire docenten en collega-onderzoekers zijn arrogant en afstandelijk.
- Wiskundeonderzoekers zijn erg competitief ingesteld.

Zelf herken ik de laatste twee klachten niet. Wel kan ik me zonder enige moeite situaties herinneren waarin één van de eerste vier klachten uit het bovenstaande rijtje leek te kloppen. Als mij werd gevraagd een tekening te maken van universitaire wiskundedocenten, dan zou het zoiets worden:



Figuur 4: Tekening van twee universitaire wiskundedocenten en mezelf als wiskundestudent.

Deze tekening is natuurlijk een karikatuur en hij is niet op al mijn docenten van toepassing. Toch is dit beeld wel blijven hangen. Ik zie mezelf nog zitten in een college, vervreemd van de docent die voor het bord stond. Van het verhaal dat hij aan het houden was, wist ik niet waar het begon of eindigde. Er was nauwelijks oogcontact of interactie, hoewel we soms met maar vijf studenten in de zaal zaten. De docent stond binnensmonds tegen het bord te praten of huppelde heen en weer. In de latere jaren hoorde ik met verbazing waarover mijn docenten praatten in de gang of tijdens de lunch. Bijna altijd leek het over iets zakelijks te gaan, vrijwel nooit hoorde ik iets persoonlijks of *social talk*. In een dergelijke sfeer zou ik mij niet thuis voelen.

Ook met studenten heb ik een aantal negatieve ervaringen. Ik herinner me hoe ik aan het begin van het eerste studiejaar in een pauze van het college relativiteitstheorie bij een groepje studenten stond die wis- en natuurkunde studeerden. Er werden grapjes gemaakt over pi en over natuurkundige begrippen die ik niet kende. Verder was het stil. Ik weet ook nog hoe we later in het jaar met een groot gedeelte van de eerstejaars in een kring zaten te lunchen. Een aantal jongens maakte grappen over groepssex en sex met dieren. De meeste anderen lachten om het hardst mee. Over andere onderwerpen werd er niet gesproken. Beide keren voelde ik me afkomstig uit een andere wereld.

Over wiskundestudenten en wiskundigen in het algemeen zijn er ook vele positieve dingen te zeggen. Tien van de zeventien geïnterviewden noemen er één of meer:

- Wiskundigen zijn geïnteresseerd, vriendelijk en behulpzaam.
- Er zijn genoeg wiskundigen die het waard zijn om vriendschap mee te sluiten.
- Wiskundigen zijn niet competitief ingesteld. (Niet iedereen is het hier overigens mee eens.)
- Wiskundigen komen in gesprekken snel tot de kern van de zaak.

Ook elk van bovenstaande kenmerken vind ik herkenbaar. De mensen die ik heb geïnterviewd waren zonder uitzondering geïnteresseerd, vriendelijk, behulpzaam en makkelijk in de omgang. Ik heb fijne vriendschappen met wiskundigen en tijdens de studie was er onder studenten nauwelijks sprake van concurrentie. Verder vind ik het over het algemeen prettig om met wiskundigen te discussiëren, omdat ze logisch, duidelijk en scherp redeneren.

Mijns inziens zijn ook toewijding, eerlijkheid en tolerantie veelvoorkomende deugden van wiskundigen. De wiskundeonderzoekers aan de Universiteit Utrecht die ik ken, komen mij voor als toegewijde mensen. Onder elkaar praten ze vaak gepassioneerd over wiskunde, onder andere tijdens de lunch. Ook werken er mensen in de avonduren op het Mathematisch Instituut. En sommige gepensioneerde hoogleraren, waaronder Frans Oort, komen nog steeds bijna dagelijks naar het instituut om wiskunde te doen.

Veel wiskundigen die ik ken, vind ik eerlijk. Dat wil zeggen dat ze lijken te menen wat ze zeggen en hun ongelijk durven toegeven. Dit gaat vaak gepaard met grote openheid. De geïnterviewden lieten zich allemaal recht in de ogen kijken, ze hielden geen façade op. Henk van der Vorst (mijn afstudeerdocent) vertelde me dat buitenstaanders ook wel eens verbaasd zijn dat wiskundigen ‘hun gedachten laten lezen’. Volgens die buitenstaanders is het in andere vakgebieden niet gebruikelijk om intuïties en vage ideeën zo open te communiceren. Van der Vorst dacht zelf dat alleen mensen die dit

wel durven te doen geschikt zijn om wiskundige te worden. Tekenend is ook dat wiskundigen in de regel geen patenten aanvragen. Hun gedachtengoed is er om te delen. Persoonlijk vind ik het heerlijk om onder eerlijke en open mensen te zijn.

Ik vind ook alle wiskundigen die ik ken tolerant. Anders dan bijvoorbeeld bij traditionele gezelligheidsverenigingen lijken er onder wiskundestudenten geen gedrags- of kledingnormen te bestaan waar een ieder zich op straffe van uitsluiting aan dient te houden. Niemand wordt gestoord als hij zich even terugtrekt. Iedereen kleedt zich hoe hij dat wil en wordt daar niet merkbaar op 'afgerekend'. De tolerantie gaat vaak samen met 'flexibiliteit'. Ik heb bijvoorbeeld nog nooit een wiskundige horen zeggen dat 'regels nu eenmaal regels zijn'. Alles is bespreekbaar, niemand zoekt het conflict op. Zouden er alleen maar wiskundigen op deze wereld wonen, dan zou er vast meer vrede zijn.

Veel klachten, maar ook veel lof. Hopelijk verrijkt het de beroepsgroep als ze zich hiervan bewust is. Uitval van studenten kan misschien begrepen worden door ook te kijken naar de sociale omgeving. Klachten worden misschien bespreekbaarder in het besef dat ze breed gedeeld worden. Omgekeerd kan de beroepsgroep zich ook trots rekenen: in haar cultuur mag iedereen zichzelf zijn.

### 5.4.5 Simone van Neerven: ik zou meer met bèta's willen samenwerken.



#### **Wiskundig curriculum vitae:**

1994-1999

studie bedrijfs- en industriële statistiek aan de Universiteit van Amsterdam

1999-2001

intern adviseur op de afdeling kwantitatieve ondersteuning bij TPG

2001-2003

medewerker bij de technische dienst van de KLM

“Mijn ouders zeiden op de basisschool tegen mij: ‘Ga jij maar naar de havo’. Ik was het daar niet mee eens. Mijn oudere broer ging naar het gymnasium en dat wilde ik ook. Maar als twaalfjarige heb je weinig te zeggen. Ik ging naar de havo en ging zonder te werken steeds nèt over.

“Toen we een vakkenpakket moesten samenstellen, zei de decaan tegen mij: ‘Kies maar wiskunde a, dat is al moeilijk genoeg voor jou’. Dat heb ik toen maar gedaan. Na de havo ben ik naar het vwo gegaan. In 5 vwo had ik opeens een negen voor wiskunde op mijn rapport. Toen besloot ik dat ik toch wiskunde b erbij wilde doen. In 6 vwo heb ik toen wiskunde b bijgespijkerd. Ik was heel gedreven, werkte nachten door. Ik wilde laten zien dat ik zo’n moeilijk vak aankon. En ik vond het ook gewoon heel leuk om te doen.

“Na het vwo wilde ik in Amsterdam gaan studeren. Via mijn broertje had ik al gezien hoe leuk het daar was. Op een open dag van de universiteit trok de opleiding wiskunde me wel. Ze hadden er een praktijkgerichte afstudeerrichting die me aansprak, namelijk bedrijfs- en industriële statistiek. Het sprak me ook aan dat het een kleinschalige opleiding was. Ik verwachtte dat je er goed contact met de docenten zou hebben. Bovendien vond ik het stoer om een studie te gaan doen die niet iedereen aankon.

“Mijn ouders en mijn vrienden hielden hun hart vast. Ik was namelijk geslaagd met een vijf voor wiskunde b. Maar ik wist dat dat kwam omdat ik teveel tegelijkertijd had gedaan. Eigenlijk maakten hun reacties me alleen maar meer gedreven om te laten zien dat ik het wel kon.

“Aangekomen in Amsterdam, besloot ik om lid te worden van een studentenvereniging. Dat bleek nogal wat tijd te kosten. Na een groentijd van twee maanden ging ik naar mijn eerste college toe. Toen had ik de boot al gemist. Van de meeste colleges begreep ik helemaal niets. Voor de tentamens haalde ik vaak een twee. Uiteindelijk heb ik in dat jaar met hangen en wurgen de voor mijn beurs vereiste tien studiepunten gehaald.

“Mijn studiegenoten vonden het maar raar dat ik lid was geworden van een studentenvereniging en zochten niet echt contact. Ik was zelf ook in niemand echt geïnteres-



seerd. Ik vond het ‘nerdhalte’ erg hoog. Bijna alle studenten woonden nog bij hun ouders. Ze kwamen om negen uur aan, stapten direct de collegebanken in, aten ’s middags netjes hun boterhammen op en gingen om vijf uur weer naar huis. Ze leken een afgevlakt leven te leiden, je zag ze nooit gelukkig of ongelukkig zijn. Ze leken ook een beetje los te staan van wat er in het dagelijks leven gebeurt. Op de middelbare school had je een groepje hele populaire mensen, je had een grote groep van *go with the flow* en je had een groepje uitzonderingen. Wiskundestudenten horen bij dat groepje uitzonderingen.

“Ook het merendeel van de docenten vond ik ver van de werkelijke wereld staan. Sommige professoren stonden met hun rug naar de klas toe uit te leggen. Aan het einde van de zin gingen ze steeds zachter praten. Ik was dan helemaal ‘los’, had totaal geen connectie met wat zo iemand vertelde. Ik ben ook wel eens met docenten een discussie aangegaan, waarbij we volslagen langs elkaar heen praatten. Ik dacht dan al gauw: laat maar, ik ga het niet nog een keer proberen.

“In mijn tweede studiejaar verbeterde mijn studietempo enigszins, omdat ik goed bevriend raakte met drie studiegenoten. We vormden een team, maakten samen opgaven en gingen ook wel eens met zijn vieren de kroeg in.

“De studie kwam me niet aangewaaid. Ik heb veel moeite moeten doen om de theoretische vakken te begrijpen. Een opgave lukte vrijwel nooit bij de eerste poging. Die theoretische vakken zeiden me ook niet veel. Ik wil weten waarom ik iets leer. Maar sommige docenten legden in hun colleges geen enkel verband met de werkelijkheid. Ik heb er toen veel voordeel van gehad dat ik een doorzetter ben.

“Om de studiebeurs niet terug te hoeven betalen moest je eenentwintig punten halen. Die heb ik in mijn tweede jaar net gehaald. Toen had ik dus nog steeds mijn propaedeuse niet. Het werd tijd om eens echt te gaan werken, om erachter te komen of ik de studie wel aankon.

“In mijn derde en vierde jaar heb ik vervolgens een enorm productieve periode gehad. De studentenvereniging vroeg minder energie, want ik had mijn vrienden daar gevonden. Samen met mijn drie studiegenoten haalde ik vak na vak. Ik werd actief in facultaire commissies. En volgde bijvakken bij psychologie, scheikunde en wetenschapsjournalistiek. Alles wat ik in die tijd aanraakte, veranderde in goud. Het was heerlijk om af en toe gewoon succes te hebben bij het doen van wiskunde. Niets leukers dan een opgave in één keer te kunnen oplossen. Dan kreeg ik het gevoel *on top of the hill* te staan, de hele wereld aan te kunnen.

“Hoe praktischer een vak, des te meer het me beviel. We hebben bijvoorbeeld een keer de pickwickfabriek in Joure bezocht om te kijken hoe de theezakjes daar afgesteld werden. Als wiskundige kun je daar het werk voor de man op de vloer makkelijker maken. Dat geeft me echt een *kick*. In mijn afstudeerfase heb ik dan ook gekozen voor een praktische stage, bij DAF.

“Ik heb even getwijfeld of ik na de studie wilde promoveren, maar uiteindelijk leek het me beter het bedrijfsleven in te gaan. Praktisch werk ligt me het meest. Bovendien was ik bang dat ik me in het wiskundewereldje sociaal niet op mijn gemak zou gaan voelen.

“Ik ben bij TPG gaan werken. Daar heb ik bijvoorbeeld helpen uitzoeken of het niet goedkoper is om post naar het buitenland geheel of gedeeltelijk machinaal te sorteren in plaats van met de hand. Ik heb toen een paar nachten meegedraaid met het

#### 5.4 Onder wiskundigen

---

sorteringsproces. Geweldig! Dan zie je pas echt wat er gebeurt. Uiteindelijk waren de mensen op de vloer blij met mijn oplossing. Daar doe ik het voor. Ik wil aan het einde van de dag, wanneer ik in de spiegel kijk, tegen mezelf kunnen zeggen: 'Dit heb ik vandaag aan toegevoegde waarde geleverd'.

“Momenteel werk ik bij de technische dienst van KLM. Hoewel bij KLM nogal wat wiskundigen en econometristen werken, zitten er weinig in mijn directe omgeving. Ik zou meer met bèta's willen samenwerken. Die denken vaak gestructureerd, snel en analytisch. Ik kan helemaal kriegel worden van mensen die met hun vragen en opmerkingen continu van de kern van de zaak afdwalen.”

## 5.5 Alleen of samen?

ANDREW WILES ZAT ZEVEN JAAR IN ZIJN EENTJE TE WERKEN AAN HET BEWIJS VAN DE LAATSTE STELLING VAN FERMAT [33]. IS HET VOOR WISKUNDIGEN GEWOON OM ALLEEN TE WERKEN? HOE VINDEN ZE HET OM ALLEEN TE WERKEN? HOE VINDEN ZE HET OM SAMEN TE WERKEN?

**5.5.1 Svetlana Borovkova: het is moeilijk om iemand te vinden om mee samen te werken.**



**Wiskundig curriculum vitae:**

1987–1992

studie toegepaste wiskunde en informatica aan de technische universiteit Moskou

1992–1993

masterclass in kansrekening en statistiek aan de Universiteit Utrecht

1993–1997

promotie bij H.G. Dehling en F. Takens aan de Universiteit van Groningen

1997–1999

onderzoeker en financieel analist bij Shell Amsterdam (in 1998 gedetacheerd in Londen)

1999–heden

universitair docent in de kansrekening en statistiek aan de Technische Universiteit Delft

“Het was nog voor de Perestroika toen ik mijn studiekeuze moest maken. Ik wilde graag journalist worden. Maar mijn moeder vroeg me of ik zin had te schrijven wat me verteld werd te schrijven. Nee, dacht ik toen, dat lijkt me vreselijk. Toen besloot ik om wiskunde te gaan studeren. Wiskunde is niet politiek en je kunt er toch veel mee bereiken. Mijn moeder werkte in een militair onderzoekscentrum. De wiskundigen daar deden interessante dingen. Dat klonk aantrekkelijk.

“Ik ben toegepaste wiskunde gaan studeren aan een technische universiteit in Moskou. Ik had ook naar een algemene universiteit kunnen gaan, maar het leek me leuker om toegepast bezig te zijn. Bovendien was een studie aan een technische universiteit beter gefinancierd in die tijd. De studie was zwaar. Veel toegepaste wiskunde, natuurkunde en informatica. Ik vond de zuiver-wiskundige vakken, zoals analyse, het leukst.

“Na mijn studie wilde ik naar het buitenland. Het communistische Rusland kon me niet bieden wat ik wilde. Aan de Universiteit Utrecht werd er een masterclass in kansrekening aangeboden, waar ik graag heen wilde. Kansrekening vond ik mysterieus: hoe kan iets toevallig zijn en toch ook niet? Ik werd aangenomen, maar het was zwaarder dan ik had gedacht. De colleges gingen grotendeels aan mij voorbij. Ik had slechts een vaag intuïtief gevoel bij de stof. Ik miste voorkennis en baalde ervan dat ik in Moskou zoveel tijd had verspild aan technische vakken. De tentamens haalde ik wel, omdat ik iets kan reproduceren zonder het te hebben begrepen.

“Voor mijn afstuderen heb ik een klein onderwerp diep uitgezocht. Leuk, maar wel erg specialistisch. Eén van de docenten was vol lof en vroeg of ik aio wilde worden. Hij had een probleemstelling waar kansrekening, statistiek en dynamica aan te pas kwamen. Dat leek me leuk. In het begin vond ik het weer heel zwaar. Ik kon mijn draai niet goed vinden. Dat veranderde toen ik voor een tijdje naar Amerika ging. De

sfeer was daar heel anders. Wiskunde was spannend, het was strijd en politiek. Ook werd het daar geaccepteerd als je zei dat je iets niet begreep, anders dan in Nederland. In Amerika keken de andere aio's zelfs tegen me op, omdat ik al vroeg zelfstandig onderzoek deed. Ik begon het *cool* te vinden wat ik deed. Mijn promotor uit Nederland kwam naar Amerika en had daar alle tijd voor me. Het was geweldig om met hem en een Amerikaanse professor samen te werken.

“Op mijn proefschrift ben ik heel trots. Vanaf pagina acht staan er alleen maar originele resultaten in. De Volkskrant wijdde er de voorpagina aan van het wetenschapskatern. Ik werd uitgenodigd voor radio- en televisieuitzendingen. Ik voelde me een ster, precies wat ik wilde.

“Na mijn promotie wilde ik graag in Nederland blijven wonen. Daarvoor moest ik een vast contract hebben, maar dat kreeg je aan de universiteit niet. Daarom ben ik bij bedrijven gaan solliciteren. Ik werd aangenomen bij Shell. Daar deed ik financiële wiskunde en risico-analyse. Inhoudelijk gezien vond ik het heel interessant. Ik heb onder andere uitgezocht wat een goede strategie is voor het handelen in *futures*. Dat zijn koopcontracten voor levering van een bepaalde hoeveelheid olie in de toekomst. De prijs bepaal je tevoren, de levering kan jaren later zijn. Je voorspelt als het ware de olieprijs in de toekomst. Ik heb op basis van een historische *dataset* een gokstrategie ontworpen die het bedrijf veel geld opleverde. Ik vond het geweldig dat het werkte. In Londen, waar ik een tijdje gedetacheerd was, heb ik genoten van de sfeer: allemaal snelle mensen, die na het werk wat bleven drinken en 's avonds terugkwamen op het werk om te zien hoe de Amerikaanse beurs sloot. Toen ze gingen reorganiseren, moest ik helaas weer terug naar Amsterdam. Daar was het werk veel saaier. Er werd nauwelijks samengewerkt en mijn baas zeurde de hele tijd over wat hem niet beviel.

“Op het dieptepunt bij Shell, kreeg ik een email van professor Groeneboom van de Technische Universiteit Delft. Hij nodigde me uit om bij hem te komen werken. Daar ben ik op in gegaan. Inhoudelijk heb ik het nu erg naar mijn zin. Anders dan in mijn studie, geef ik nu de voorkeur aan toegepaste wiskunde boven zuivere wiskunde. Ik vind het wel heel jammer dat het moeilijk is om mensen te vinden met wie ik kan samenwerken op de gebieden die ik interessant vind. Laatst heb ik op een training geweldig leuk zitten praten met iemand uit het bedrijfsleven met dezelfde interesse en vakkennis. Toen dacht ik: verdomme, wat mis ik dit op de universiteit. Onderzoek doen is in je eentje een stuk minder inspirerend. Natuurlijk kun je wel via de e-mail met iemand uit een andere stad samenwerken, maar dat werkt lang niet zo goed. Ik wil spontaan bij iemand binnen kunnen stappen als ik tegen een probleem aanloop.

“In West-Europa werken wiskundigen veel minder samen dan in Rusland of Amerika. In Rusland zijn veel wiskundigen sociale en levenlustige mensen, vaak joden. In Amerika zijn wiskundigen *cool*. Het lijkt of wiskunde in Nederland mensen aantrekt die bang zijn om contact te leggen. Het ligt niet aan het vak dat er weinig wordt samengewerkt. Het is veel makkelijker om over wiskunde te praten dan over andere dingen. De kans op misverstanden is kleiner, omdat er geen taalbarrières zijn. Mensen die niet samenwerken, weten misschien niet wat ze missen. Niets is leuker dan samen dingen ontdekken en elkaar aanvullen.”

### 5.5.2 Sara van de Geer: ik werk graag in mijn eentje.



#### Wiskundig curriculum vitae:

1976-1982

studie wiskunde aan de Universiteit Leiden

1982-1983

wiskundig onderzoeker aan de Universiteit Tilburg

1983 -1987

wiskundig onderzoeker aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) in Amsterdam, eindigend in een promotie bij R.D. Gill en W.R. van Zwet (Universiteit Leiden)

1987-1988

wiskundig onderzoeker aan de University of Bristol

1988-1989

wiskundig onderzoeker aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica

1989-1990

universitair docent aan de Universiteit Utrecht

1990-1997

universitair docent aan de Universiteit Leiden

1997-1999

universitair hoofddocent aan de Université Paul Sabatier in Toulouse

1999- heden

hoogleraar in de kansrekening en statistiek aan de Universiteit Leiden

“De wiskundeleraar in de brugklas stelde een keer een moeilijke vraag in de klas: ‘Hoe kun je  $(a + b) \cdot c$  anders opschrijven?’ Toen ik het antwoord wist, werd hij heel enthousiast. Dat maakte grote indruk. Ik was kennelijk goed in wiskunde. Toch voelde ik me ook wel eens onzeker in de les. Bijvoorbeeld toen de leraar een pijltje tekende en zei: ‘Dit is een vector’. Ik snapte niet wat hij bedoelde en ik bleef maar denken: waarom een pijltje?

“Ik werkte hard op school. Voor wiskunde haalde ik redelijk goede cijfers. Ik vond het ook leuk, omdat het zo abstract is. In de laatste klassen van de middelbare school fantaseerde ik over een logica gebaseerd op drie variabelen in plaats van op de gebruikelijke twee, namelijk 0=ja en 1=nee. Ook stelde ik mij voor dat je een wiskundig model kunt maken van de relaties tussen mensen in een klas, dat bestaat uit lijnen en punten.

“Wiskunde en Duits waren in het laatste jaar mijn lievelingsvakken. Ik koos ervoor om wiskunde te gaan studeren. Ik wist dat mijn vader het erg zou waarderen als ik zo’n moeilijk vak zou kiezen. Hij hechtte veel waarde aan prestaties. Ik keek uit naar de studie. Ik hoopte te leren hoe je de werkelijkheid kon beschrijven in wiskundige termen. Ook hoopte ik dat wiskunde op de universiteit filosofischer zou zijn dan op de middelbare school.

“Ik probeerde eerst twee propaedeuses te halen, van wis- en natuurkunde. Maar al

snel bleek dat ik de practica bij natuurkunde vreselijk vond. Veel te technisch. Meters die uitslaan, metaal, schroeven. Al na een paar weken ben ik daarom met natuurkunde gestopt. Informatica was ook niet mijn beste vak: foutmeldingen op de computers, omdat je de ponskaarten per ongeluk had laten vallen en niet meer wist in welke volgorde ze lagen. Wiskunde vond ik wel leuk, vooral topologie, grafentheorie en combinatoriek. Algebra was minder, want ik had er geen idee van waar dat over ging. We kregen een dun diktaat, waar bijna niets in stond. Ik voelde me totaal ongelukkig toen de docent tijdens een werkcollege tegen me zei: 'Als je het antwoord weet, krijg je een broodrooster'. Het was waarschijnlijk een grapje, maar het kwam verkeerd aan. Alsof ik beter iets huishoudelijks had kunnen doen dan wiskunde studeren.

"In de afstudeerfase heb ik gekozen voor mathematische statistiek. Vooral vanwege Willem van Zwet, de docent. Hij was aardig en uitnodigend en had een concreet probleem waar je meteen aan kon beginnen. Met een klein groepje studenten verdeelden we de taken. Af en toe kwamen we bij elkaar om resultaten uit te wisselen. Dan zaten we allemaal op de grond in een studentenkamer, en lag de grond bezaaid met velletjes papier met wiskunde-probeersels.

"Er was me een baan beloofd aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica in Amsterdam als ik klaar was met de studie. Dat leek me leuk. Helaas konden ze me niet meer aannemen toen ik afgestudeerd was. Na een tijdje werkloos te zijn geweest, vond ik een onderzoeksbaantje aan de universiteit in Tilburg. Het ging over het modelleren van nutsfuncties. Daarvoor gebruikte ik modellen uit de statistiek en de econometrie. Ik vond er weinig aan, want ik was het niet eens met de basisveronderstellingen voor de modellen. Ik ben er weg gegaan toen er alsnog een baan vrij kwam op het CWI. Daar heb ik een geweldige tijd gehad. Je kon de hele dag op je kamer onderzoek doen, je hoefde je nergens anders mee bezig te houden. Koffie werd gebracht. Het balletje ging op een gegeven moment echt rollen. Ik promoveerde er, hoewel ik tot die tijd had gedacht dat dat voor mij te hoog gegrepen zou zijn.

"Na mijn promotie heb ik in Bristol gewerkt, in Engeland. Vervolgens ben ik universitair docent geweest in Utrecht en in Leiden. Na een aantal jaren zei mijn man dat hij het vreemd vond dat ik nog steeds in dezelfde salarisschaal zat. Ik bleek minder te verdienen dan andere universitair docenten met dezelfde ervaring en leeftijd. Ik heb toen aan de bel getrokken. Leiden besloot mij uiteindelijk universitair hoofddocent te maken, maar inmiddels werkte ik al in Frankrijk. Een paar jaar later werd ik in Leiden aangenomen als hoogleraar.

"Ik werk graag in mijn eentje. Samenwerken is voor mij niet zo productief. Ik vind het heerlijk om dagen lang alleen maar onderzoek te doen. Je bent de hele tijd gedachten aan het ordenen en je zoekt naar de essentie van problemen. Het doel is je gedachten met elkaar in overeenstemming te krijgen. Als ik voel dat de oplossing dichtbij is, kan ik haast nergens anders meer aan denken. Als het uiteindelijk klopt, is het feest. Dan voelt het of ik de hele wereld aan kan. Soms vind je achteraf een fout. De hele constructie die je hebt gemaakt, zakt opeens in elkaar. Dat is erg vervelend als je niet de tijd hebt om het verder uit te zoeken. Als die tijd er wel is, is het minder erg. Dan ga ik er gewoon weer mee verder. Eigenlijk zit ik nooit vast in het onderzoek."

### 5.5.3 EEN REIS ALLEEN

Er zijn niet altijd collega's van het eigen instituut om mee samen te werken, aldus de geïnterviewde wiskundeonderzoekers. Weinig collega's op het eigen instituut begrijpen waar je mee bezig bent. Niet meer dan drie zijn er in staat je artikelen te lezen. Volgens sommigen is er op het eigen instituut zelfs geen één die dat kan. Ook nationaal gezien is de groep wiskundigen met wie kan worden samengewerkt beperkt. Klaas Landsman gokt dat er hooguit vijf Nederlandse collega's zijn die een wetenschappelijk artikel van hem van a tot z kunnen lezen. Jozef Steenbrink denkt dat tien Nederlandse collega's zijn artikelen helemaal begrijpen. Alleen internationaal is er keuze. De geïnterviewden die hierover spraken, zeiden dat er wereldwijd meer dan honderd mensen zijn die hun artikelen tot in detail kunnen lezen.

Svetlana Borovkova gelooft dat Russische wiskundigen meer samenwerken dan Nederlandse wiskundigen. Russische wiskundigen zijn volgens haar doorgaans sociale en levenslustige mensen. In Nederland trekt de wiskundestudie mensen aan die sociaal minder sterk zijn. Deze mensen werken misschien liever alleen, omdat ze bang zijn om contact te leggen. Ook is er in Nederland meer competitie dan in Rusland. Wellicht werken Nederlandse wiskundigen ook daarom niet graag samen: ze willen hun succes niet delen.

De meeste geïnterviewde wiskundeonderzoekers werken liever samen dan alleen. "Onderzoek doen in je eentje is een stuk minder inspirerend", zegt Svetlana Borovkova. Barbara van den Berg: "Ik heb er behoefte aan samen te werken. Ik heb, denk ik, teveel alleen gewerkt". Sommige geïnterviewde onderzoekers zeggen het jammer te vinden dat ze tijdens de studie zo weinig samen hebben gewerkt. Toch vinden niet alle geïnterviewden het vervelend om alleen te werken. Enkelen vinden het juist prettig. Sara van de Geer geniet het meest van de dagen waarop ze alleen onderzoek zit te doen. Ook Klaas Landsman, Eduard Looijenga en Jozef Steenbrink werken graag alleen, hoewel elk van hen gelooft dat het zinvol zou zijn om vaker samen te werken.

Het is niet alleen moeilijk om met collega's over je werk te praten, maar des te meer met niet-wiskundigen. Eduard Looijenga: "Op verjaardagen vragen mensen wel eens: 'Wat doe je eigenlijk?' Het is hopeloos om die vraag te proberen te beantwoorden. Je hebt terminologie nodig, waarvan je weet dat studenten lange tijd nodig hebben om die zich eigen te maken. Ik heb mij wel eens afgevraagd welke van de *Millenium Prize Problems* je zou kunnen uitleggen aan een leek. De *Millenium Prize Problems* zijn zeven beroemde problemen. Er is een miljoen uitgelooft voor degene die er één oplost. Van die zeven is er één die je gemakkelijk kunt uitleggen aan een vwo-er. Daarnaast is er nog één die misschien uit te leggen is. Dat zou minstens een half uur duren. Bij de andere problemen lukt dit niet".

Enkelen geïnterviewde onderzoekers zeggen dit een groot nadeel te vinden van hun vak. Bijvoorbeeld Frans Oort, die rond zijn vijfendertigste heeft overwogen om te stoppen met zijn werk als wiskundeonderzoeker. Hij vertelt één van zijn overwegingen: "Ik vond het een eenzaam beroep. (...) Je kunt aan de buitenwereld niet duidelijk maken wat je doet. In je hoofd gebeurt er iets moois. Maar de maatschappij en je vrienden hebben daar totaal geen idee van". De meeste geïnterviewden lijken overigens in dit feit te berusten. Enkelen zien weinig verschil met een willekeurig ander beroep: over



technische details is het altijd moeilijk praten.

In de literatuur wordt nog een ander fenomeen beschreven, dat een eenzaam gevoel kan geven. Niet-wiskundigen plaatsen wiskundigen soms op afstand, is de ervaring van Sanford Segal (Professor of Mathematics aan de University of Rochester in de Verenigde Staten). Zij zegt in 'Overcoming Math Anxiety': "As a young mathematician in the mid-sixties, I would go to social gatherings and be asked by strangers what I 'did'; when they learned I taught mathematics, the usual response, and almost invariably from women, was some version of 'Oh, you must be very bright!' coupled with 'I could never do that in school!' Needless to say, something of a pall fell over the conversation. So much so that I quickly developed the defensive habit of quickly saying, after truthfully acknowledging my profession, 'But I'm interested in many other things, also' [64, blz. 253]". Hierover heb ik geen enkele geïnterviewde gehoord.

Zelf heb ik in de wiskundeles op de middelbare school uit vrije wil weinig samengewerkt. Ik had daar weinig behoefte aan: ik kwam inhoudelijk gezien weinig problemen tegen en ik vond het niet fijn afgeremd te worden door een ander. Sommige klasgenoten en mijn zussen vroegen me af en toe om iets uit te leggen. Ik voelde me vereerd dat ze dat deden, maar soms had ik liever zelf verder willen werken. Ik vond het vreemd dat ze de stof niet begrepen. Voor mij leek deze zo simpel.

In mijn derde en vierde studiejaar heb ik ook weinig samengewerkt, maar toen was het tegen mijn zin. Ik had in de eerste twee studie jaren met plezier samengewerkt, maar koos vervolgens een andere richting dan mijn wiskunde-vrienden. De andere studenten in de collegezaal kende ik nauwelijks: ze studeerden natuurkunde als hoofdvak, of waren buitenlandse aio's. Het was ook niet de gewoonte om contact te maken. In de pauze ging ieder zijn eigen weg. Ik had natuurlijk door deze gewoonte heen kunnen breken en expliciet aan medestudenten kunnen vragen om samen te studeren, maar dat durfde ik niet zo goed. Ik was waarschijnlijk bang was iemand te treffen die mijn vragen en problemen triviaal vond.

Het studeren was me vast makkelijker af gegaan als ik meer had samengewerkt. Ik had de stof wellicht langer onthouden en beter begrepen. Uit de lessen didaktiek op de lerarenopleiding wiskunde heb ik geleerd dat je iets pas echt gaat begrijpen als je het leert uitleggen. Ook was ik misschien beter gemotiveerd gebleven. Vanaf mijn derde studiejaar voelde het of ik de studie volledig op eigen kracht moest doen. Meeliften op de inspiratie van de docent of medestudenten lukte niet. Dat viel me best zwaar.

Niet alleen in de studie, maar ook onder niet-wiskundigen voelde ik me soms alleen als ik over wiskunde praatte. Niet zozeer omdat mensen op feestjes wel eens zeiden dat ze me bewonderden om mijn vak. Dat vond ik wel grappig. Ik voelde me wel alleen, omdat ik vanaf mijn tweede studiejaar belangstellende vragen van vrienden en kennissen niet kon beantwoorden. Ik had zelf amper door waar ik mee bezig was, laat staan dat ik het hen kon vertellen. In het eerste studiejaar was het nog wel gelukt. Toen vertelde ik bijvoorbeeld dat we leerden te bewijzen dat  $a + (b - a) = b$ . Maar de essentie van differentiaaltopologie of algebraïsche meetkunde, vakken uit het derde jaar, kon ik niet vertellen. Ook wist ik niet waar de vakken werden toegepast en wat de plaats ervan was in de studie.

#### 5.5.4 Jozef Steenbrink: samenwerken is leuk, maar het komt er vaak niet van.



**Wiskundig curriculum vitae:**

1965–1969

studie wiskunde aan de Katholieke Universiteit Nijmegen

1969–1971

promovendus bij Jan de Boer in Nijmegen

1971–1974

promotie bij Frans Oort aan de Universiteit van Amsterdam

1974–1975

verblijf aan het Institut des Hautes Études Scientifiques te Bures sur Yvette (Frankrijk)

1975–1978

wetenschappelijk medewerker aan de Universiteit van Amsterdam

1978–1988

lector in Leiden (hoogleraar vanaf 1980)

1988–heden

hoogleraar meetkunde aan de Katholieke Universiteit Nijmegen

“Mijn passie voor wiskunde ontstond pas laat. Op school vond ik bijna alle vakken interessant. Wiskunde stond bij mij in hoog aanzien omdat je de stof zelf kon afleiden, maar de middelbare-school-sommen vond ik niet zo uitdagend. Toen ik in 1964 meedeed aan de wiskundeolympiade, ging ik het vak heel anders zien. Ik had succes en werd zelfs geïnterviewd door de krant. Ik was hartstikke trots. Bij de prijsuitreiking door Hans Freudenthal kreeg ik boeken over hogere wiskunde, onder andere ‘Introduction to higher mathematics’ van Constance Reid. Wiskunde bleek veel meer te zijn dan de sommen op de middelbare school.

“De wiskundestudie was minder moeilijk dan verwacht. De ouderejaars en de docenten zeiden dat je hard moest werken, maar ik had tijd genoeg om orgellessen te nemen. Ik was lid van een studentenvereniging en deed mee met het nachtleven. Toch haalde ik zonder problemen na twee jaar mijn kandidaats en na vier jaar mijn doctoraal. De algebravakken vond ik het leukst. Ik ben afgestudeerd in de algebraïsche meetkunde bij Jan de Boer. Dat was een actueel gebied in die tijd: in Frankrijk waren er nieuwe, technische inzichten ontstaan, onder andere onder invloed van Grothendieck. Jan de Boer leerde me de Italiaanse manier van meetkunde bedrijven: beginnend bij de intuïtie en met mooie constructies. Nog steeds vind ik dit een prachtige manier.

“Na mijn afstuderen hoefde ik niet te solliciteren, want Jan de Boer nam me meteen aan als promovendus. Ik had er zin in, maar al in het eerste jaar had ik een flinke terugslag. Ik begreep niet goed waar ik mee bezig was en vond het allemaal erg technisch. Het onderzoek schoot niet op en ik kreeg te horen dat ik fouten had gemaakt. Het was een demoraliserende tijd. Ik twijfelde of ik met wiskunde wel de goede keuze had ge-

maakt. Dit werd nog eens versterkt toen ik als organist de eerste prijs haalde op een groot studentenconcours en de jury vroeg waarom ik niet naar het conservatorium was gegaan. De wiskundigen die ik sprak, raadden me aan niet meteen te stoppen. Per brief werd ik uitgenodigd te solliciteren op een promotieplek bij Frans Oort in Amsterdam. Met hem had ik goede ervaringen. Ik besloot de wiskunde nog een kans te geven en ben in goede vrede met De Boer overgestapt naar Amsterdam.

“Sinds die tijd is het weer bergopwaarts gegaan. Ik kon me verdiepen in ontledingstheorie, een fantastisch onderwerp. Achteraf gezien heb ik hier veel geluk mee gehad. Het bleek later een centrale vraag in de algebraïsche meetkunde te zijn. Met behulp van de technieken die ik ontwikkelde, kon ik ook in de singulariteitentheorie een aantal stellingen bewijzen waar mensen lang naar gezocht hadden. Ik had het gevoel dat ik iets kon. De sfeer was geweldig en het was fijn samenwerken met Oort. Mijn inspiratie kwam helemaal terug. Ik heb veel geprofiteerd van de talrijke contacten die Frans als *editor* van ‘Compositia Mathematica’ had. Drie maanden voor mijn promotie kreeg ik bovendien nog een belangrijke stoot in mijn carrière. Deligne, die in 1970 een Fields Medal won met zijn werk over Hodgetheorie, had zoveel vertrouwen in een aantal vermoedens die ik had geformuleerd, dat hij ze gebruikte in zijn voordrachten.

“Er waren in die tijd dynamische conferenties over de algebraïsche meetkunde en singulariteitentheorie. Deze gebieden waren volop in ontwikkeling. Ik werkte intensief samen met Eduard Looijenga en Dirk Siersma, die in dezelfde tijd als ik promovendus waren geweest in Amsterdam. Uit deze samenwerking is uiteindelijk zelfs een landelijk onderzoeksproject ontstaan. Dat gebeurde toen ik lector was geworden in Leiden. Eduard Looijenga en Dirk Siersma waren hoogleraren geworden in Nijmegen en Utrecht. ZWO gaf subsidie om een singulariteitschool op te richten. Dat werd een tijd van enorme vreugde. We konden goede mensen aanstellen en hielden eens in de twee weken levendige seminaria. Er was een overvloed aan resultaten en activiteiten.

“In 1988, toen het singulariteitenproject afliep, ben ik verkast van Leiden naar Nijmegen. Vanaf die tijd is het minder gegaan. Ik had gaandeweg weinig tijd voor wiskunde, omdat ik veel bestuurlijke taken kreeg. In mijn onderzoek perste ik routinematig oude ideeën uit. Er waren steeds minder studenten geïnteresseerd in een promotieplaats in de meetkunde. Op een gegeven moment heb ik besloten om het roer om te gooien. Ik heb een nieuw onderzoeksthema gezocht en ben minder bestuurswerk gaan doen. Toen kwamen er gelukkig weer promovendi.

“Ik vind het geweldig om jonge mensen te inspireren. Je geeft ze een paar suggesties en ze komen terug met de prachtigste, origineelste ideeën. Ik vind het ook prettig om samen te werken met iemand van eenzelfde niveau. De kracht van samen onderzoek doen is dat je elkaar op de been houdt, waardoor je langer kunt doorwerken aan één onderwerp. Bovendien zijn de ideeën van de ander soms heel verrassend. Toch werk ik de afgelopen jaren voornamelijk alleen. Samenwerken is praktisch moeilijk te realiseren: je moet er veel voor reizen. Daarom komt het er vaak niet van. Daarnaast ben ik er ook aan gehecht geraakt om veel alleen te werken. Soms kost het me moeite om aandacht voor anderen te hebben. Dat merk ik bijvoorbeeld op feesten.

“Ik ben zeker geen *workaholic*, maar ik werk wel hard. Ik zie het als mijn bestemming talenten die ik heb gekregen tot zijn recht te laten komen. Dat komt voort uit een christelijke achtergrond. Er is een mooie bijbelse parabel over talenten. Een heer gaat op reis en geeft een aantal talenten in bewaring bij zijn dienaren. Als hij terugkomt,

vraagt hij aan zijn dienaren wat ze met de talenten hebben gedaan. De eerste zegt: 'Heer, u hebt mij vijf talenten gegeven. Ik heb er vijf bij gewonnen. Hier hebt u er tien terug'. De tweede zegt: 'Ik kreeg er twee en heb er twee bijgewonnen. Alstublieft, vier talenten terug'. De derde zegt: 'Ik kreeg er één. Hier hebt u hem weer terug; ik had hem begraven opdat hij niet verloren zou gaan'. De laatste kreeg een donderpreek van de heer. De moraal: het is niet belangrijk hoeveel talenten je hebt, maar je hebt wel de plicht ze zo goed mogelijk te gebruiken. Zo ook met het talent voor wiskunde dat ik heb gekregen.

"Soms is het hard werken zonder veel resultaat, maar wiskunde heeft me ook een paar hele mooie momenten bezorgd. Als je opeens ziet hoe iets in elkaar zit, ontstaat er een groot geluksgevoel. Dat is te vergelijken met een heel ernstige verliefdheid."

### 5.5.5 SAMEN OP PAD

Bijna alle geïnterviewde wiskundeonderzoekers vinden het leuk en zinvol om samen te werken. Ze geven hiervoor de volgende motivaties:

- Twee weten meer dan één. Samen kunnen resultaten behaald worden, die geen van beiden alleen had kunnen bereiken.
- Een ander kan je helpen als je vast zit in je eigen onderzoek.
- Je kunt je eigen expertise zinvol inzetten. Theoretische kennis kan bijvoorbeeld praktische waarde krijgen als een college je om raad vraagt bij het oplossen van een wiskundig probleem met een praktische toepassing.
- Samenwerken motiveert. Je houdt elkaar op de been, waardoor je langer op één onderwerp door kunt gaan.
- Het is leuk om waardering van de ander te krijgen.
- De ideeën van de ander zijn soms verrassend; dat is leuk.

Het is meestal het handigst om met maar één persoon samen te werken, vinden de geïnterviewde wiskundeonderzoekers. Dit is bij voorkeur iemand van hetzelfde of een iets hoger wiskundig niveau. Aangezien een collega met dezelfde interesse vaak niet aan het eigen instituut werkt, werk je samen per email. Een paar keer per jaar zoek je elkaar op. Dan werk je een aantal dagen (of zelfs weken) ongestoord aan een wiskundig probleem. Deze dagen zijn één van de hoogtepunten van het werk.

Een intensieve samenwerking kan uitmonden in een gezamenlijk geschreven artikel. De meeste geïnterviewde wiskundeonderzoekers schrijven regelmatig artikelen samen (zie tabel 7). Sommige geïnterviewde wiskundeonderzoekers schrijven alle artikelen samen, sommige schrijven ze allemaal alleen.

Er zijn ook minder intensieve vormen van samenwerking. Sommige geïnterviewden schrijven weliswaar graag hun artikelen alleen, maar ze praten wel met collega's over hun onderzoek. Sommigen stellen per email vragen aan collega's op momenten dat ze vast zitten. Enkelen werken samen in actieve onderzoeksgroepen. Overigens zeggen de meeste geïnterviewden tijdens de studie weinig te hebben samengewerkt, waaronder ook degenen die later als universitair onderzoeker veel samenwerkten.

Schatting van het percentage artikelen dat de geïnterviewde met één of meerdere co-auteurs heeft geschreven. De schattingen zijn gedaan door de geïnterviewden zelf.	Aantal geïnterviewde wiskundeonderzoekers
0%–10%	2
10%–30%	1
30%–70%	4
70%–90%	2
90%–100%	1

Tabel 7

In de eerste twee studie jaren werkte ik regelmatig samen met andere studenten aan opgaven, vooral tijdens de werkcolleges. Het gebeurde niet vaak dat we met meer dan twee samenwerkten, dat was onhandig. We lazen de opgave voor onszelf en probeerden deze in stilte op te lossen. Vaak was één van de twee de snelste. Deze hielp de ander door te vertellen hoe hij de opgave had aangepakt of wilde aanpakken.

Later leerde ik op de lerarenopleiding wiskunde dat er intensievere vormen van samenwerken bestaan, waarbij de inbreng van elk van de groepsleden essentieel is. Bijvoorbeeld bij de werkvorm ‘experts’. Hierbij verdiept elk van de leden van een groepje zich in een onderwerp. Ieder wordt dus ‘expert’ in dat onderwerp. Vervolgens maken de leden samen een opdracht waarbij kennis over elk onderwerp noodzakelijk is. Zo’n vorm van samenwerken vond ik niet alleen erg leuk, maar ook zinvol. Het leren van nieuwe stof ging gemakkelijk door er samen over te praten. Bovendien bespaarden we tijd door taken te verdelen onder de groepsleden. Samenwerken ligt mij, merkte ik toen.

Ik had het zeker leuk gevonden om tijdens de wiskundestudie méér en intensiever samen te werken. Het was prettig geweest om daarbij geholpen te worden, zoals dat op de lerarenopleiding gebeurde. Toch lijkt me samenwerken in de wiskundestudie moeilijker dan samenwerken bij een willekeurig andere studie. Om te kunnen samenwerken, moet je je gedachten en vragen kunnen verwoorden. Als ik bezig ben met abstracte wiskunde die ik niet goed begrijp, kan ik dat niet. Eerst moet ik de stof even laten zakken. Pas als ik een basisidee heb van de stof, krijg ik er woorden voor. Daarnaast weet ik vaak niet hoe ik aan oplossingen voor een vraagstuk kom. Meestal krijg ik opeens een goed idee. Als ik een ander moet helpen het probleem op te lossen, wordt uitleggen daarom vaak voorzeggen.

### 5.5.6 Mark Peletier: geweldig om samen met collega's een puzzel op te lossen.



#### Wiskundig curriculum vitae:

1987–1992

studie wiskunde aan de Universiteit Leiden

1991–1992

extra studiejaar aan de universiteit Paris 6 in Parijs

1993–1997

promotie bij Hans van Duijn aan de Technische Universiteit Delft

1997–1998

post-doc aan de University of Bath in Engeland

1998–heden

wetenschappelijk medewerker aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) in Amsterdam

2001–heden

universitair hoofddocent aan de opleiding biomedische toepassingen (BMT) aan de Technische Universiteit Eindhoven (één dag per week)

“Mijn vader is wiskundige. Al jong zag ik dat dit hem maakte wie hij was. Wiskunde deed iets goeds met hem. Ik wilde net zo worden als mijn vader en vroeg hem wel eens me wat wiskunde te leren. Hij vertelde dan over verzamelingenleer en lineaire algebra. Ik begreep er geen hout van, maar de interesse werd er niet minder om.

“Op school ging wiskunde me makkelijk af. Ik kon leraren corrigeren als ze fouten maakten op het bord. Dat sterkte mijn zelfvertrouwen. Toch vond ik het niet echt spannend om altijd maar sommen te moeten maken.

“Ik zou wiskunde gaan studeren, net als mijn vader. Alleen in de zesde klas van de middelbare school heb ik even overwogen om toch psychologie te kiezen. Daar heb ik uiteindelijk niet gedaan, omdat ik niet zeker was of ik wel zo goed in psychologie zou kunnen worden als in wiskunde. Bovendien besepte ik toen al dat psychologie waarschijnlijk een stuk vager zou zijn. De problemen zijn er minder goed gedefinieerd.

“Tijdens de studie moest ik harder werken dan op de middelbare school. In het eerste jaar begreep ik weinig van de colleges lineaire algebra. Het was zo abstract: de docent begon met het opschrijven van een rijtje axioma's. Later hamerde hij de hele tijd op het feit dat de stellingen alleen golden voor eindige lineaire combinaties van vectoren. Ik heb hem een keer gevraagd wat er mis gaat als je oneindige lineaire combinaties neemt. Hij vertelde toen iets over ruimtes van oneindige dimensie, maar ik kon me er niets bij voorstellen.

“Toch bleek de studie als geheel niet echt moeilijk en haalde ik hoge cijfers. Aan het einde van mijn studie kreeg ik een beurs om in Parijs te kunnen studeren. Daar ben ik anderhalf jaar geweest. Ze gaven vakken die inhoudelijk verder gaan dan die in Nederland. Je moest er harder werken. Ik vond het een leuke tijd en heb er veel geleerd. In Frankrijk word je niet als *freak* gezien als je wiskunde studeert. Je krijgt juist respect van andere studenten. Wiskunde wordt er gebruikt als een soort intelligentietest bij

toelatingsexamens van de *grandes écoles*.

“In Parijs boden ze me een promotieplaats aan. Toch ging ik liever bij Hans van Duijn promoveren, omdat ik dacht dat ik bij hem meer toepassingen van wiskunde zou zien. Hans werkte samen met mijnbouwers, die olie uit de grond wilden halen. Hij leerde me veel over de interactie tussen wiskunde en de praktijk. Tegen het einde van mijn promotie heb ik even getwijfeld of ik in de IT wilde gaan solliciteren. De banen lagen daar toen voor het oprapen. Maar wiskunde leek me leuker. Achteraf gezien een goede keuze. In de IT moet je precies doen wat je baas wil, als wiskundeonderzoeker kun je je verdiepen in wat je zelf belangrijk vindt.

“Ik ben anderhalf jaar post-doc geweest in Bath, Engeland. Het was een spannende periode. Je kunt niet meer schuilen onder de vleugels van je promotor, die je beschermt tegen *editors* die zich onbehoorlijk gedragen en ervoor zorgt dat er niet iemand anders tegelijkertijd aan jouw probleem werkt. Ik werd er zenuwachtig van dat ik opeens zelf verantwoordelijk was voor het formuleren van interessante problemen.

“Na post-doc te zijn geweest, kreeg ik een vaste baan aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica in Amsterdam. Sinds een paar jaar geef ik ook onderwijs aan de Technische Universiteit Eindhoven, bij de opleiding biomedische toepassingen. Ik houd me nu vooral bezig met problemen uit de biologie. Momenteel denk ik na over biologische membranen. Dat zijn stevige dingen. Ze bezitten zelfs mechanische eigenschappen, bijvoorbeeld buigingsweerstand. Toch zijn ze opgebouwd uit lipiden die niet vast zitten. Het is onduidelijk waarom die zo goed op hun plaats blijven zitten. Biologen maken zich niet zo druk om dit probleem. Zij vinden dat ze zelf een heel aardige verklaring hebben, gebaseerd op de olie-achtige eigenschappen van de moleculen. Maar die verklaring vind ik zelf niet bevredigend.

“Een jaar of vijf geleden hebben we in Nederland de ‘Studiegroep Wiskunde en Industrie’ opgericht. Met een groep wiskundigen werken we een week lang non-stop aan problemen die op de eerste dag zijn gepresenteerd door een aantal bedrijven. We hebben deze studiegroep vormgegeven naar Engels voorbeeld. Toen ik als aio voor de eerste keer zo’n bijeenkomst bezocht in Cambridge, wist ik werkelijk niet wat me overkwam. Er waren wel tachtig wiskundigen fanatiek aan het werk. Iedereen liep naar het bord en riep door elkaar. Er werden steeds nieuwe groepjes gevormd, het was enorm dynamisch. Op donderdagavond na het diner zaten sommige mensen nog tot laat *sheets* te maken voor de presentaties van de volgende dag. Ook in Nederland is deze studiegroep een succes geworden. De groep wordt steeds groter.

“Als ik in mijn eentje onderzoek moest doen, zou ik allang zijn gestopt. Ik vind het geweldig om samen met collega’s een puzzel op te lossen. Om samen stukje bij beetje je begrip uit te breiden. Het liefst werk ik samen met iemand van hetzelfde niveau van begrip als ik, die in hetzelfde probleem geïnteresseerd is. Samenwerken met twee mensen kan eventueel ook, maar met één is makkelijker. Als de ander te dichtbij woont, komt het er vaak niet van om intensief samen te werken. Een uur of drie reisafstand is ideaal. Een paar keer per jaar ga je bij elkaar op bezoek. Je bent drie dagen lang samen, van ’s ochtends vroeg tot ’s avonds laat. Je gaat samen lunchen, samen dineren. Natuurlijk praat je wel eens over politiek of zo, maar meestal gaat het over het probleem in kwestie. Omdat je zo gefocust bezig bent, lukt het soms om voor het bord een onderzoeksdoorbraak te forceren. Dat is fantastisch. Op de terugreis schrijf je zoveel

mogelijk op. Daarna begint het normale werk weer. Een enkele keer kom je ook dan wel eens iets nieuws op het spoor over het betreffende onderwerp. Dan mail je elkaar. Het plezier van een ontdekking is extra groot als de ander er ook waardering voor heeft.

“Waardering van vakgenoten is heel belangrijk. Sommigen van hen beslissen hoeveel geld je krijgt om je onderzoeksvoorstellen uit te voeren. En als je een aioplaats vacant hebt, sturen collega’s je alleen een goede aio als ze jou en je onderzoeksgroep hoog inschatten. Goede mensen zijn namelijk schaars.

“Met wiskunde is er eeuwige roem te behalen. Andrew Wiles is dat gelukt, door de Laatste Stelling van Fermat te bewijzen. Ik zou wel willen dat ik me ook op die manier onsterfelijk kon maken. Maar ik weet inmiddels dat ik niet geniaal genoeg ben. Ik ben natuurlijk blij als ik een goed idee krijg. Dan leun ik achterover en sla mezelf op de borst. Maar lang duurt dat niet, hooguit zo’n vijf minuten. Dan wil ik weer door, op zoek naar dingen die ik nog niet begrijp. Het plezier zit hem niet zozeer in de buit die je vangt, maar in de jacht zelf.”



## 5.6 Overdragen, een kunst op zich

COLLEGES EN WISKUNDIGE VOORDRACH-  
TEN WORDEN NIET ALTIJD DOOR IEDER-  
EEN BEGREPEN. WELKE PROBLEMEN  
DOEN ZICH VOOR? EN HOE ERVAREN  
TOEHOORDERS HET BIJWONEN VAN EEN  
VOORDRACHT DIE ZE NAUWELIJKS BE-  
GRIJPEN?

### 5.6.1 Voordrachten

In 2001 schreef Klaas Landsman<sup>13</sup> in het Nieuw Archief voor Wiskunde een artikel over het geven van voordrachten [37]. Hij schreef onder andere:

“Een ruwe schatting leert dat ik, sinds mijn tijd als afstudeerder in 1985, ongeveer 1000 voordrachten op het gebied van de theoretische natuurkunde en wiskunde heb aangehoord. Van deze 1000 heb ik een stuk of 10 verhalen van het begin tot het eind begrepen. Maar van de helft heb ik zo weinig opgestoken, dat een verzuchting van W.F. Hermans steeds in mij opkwam: *Hoe kom ik hier vandaan? Hoe kom ik hier in Godsnaam vandaan?* De rest zat hier ergens tussenin.

“Lange tijd dacht ik dat het aan mijzelf lag dat ik al deze voordrachten niet begreep. Toen ik student was, meende ik dat seminariumvoordrachten waren gericht op afgestudeerden. Toen ik promovendus was ging ik ervan uit dat je gepromoveerd moest zijn om de gemiddelde voordracht te kunnen begrijpen. Toen ik gepromoveerd was leek het mij duidelijk dat seminaria uitsluitend door hoogleraren op waarde kunnen worden geschat, en ook voor die groep bedoeld zijn. Veel sprekers wekken die indruk in ieder geval, en veel hoogleraren horen ieder seminarium blakend van zelfvertrouwen aan”.

Toen ik dit las, was ik stomverbaasd. Hoe is het mogelijk dat een getalenteerde wiskundige maar één procent van de voordrachten helemaal begrijpt en bovendien pas als hoogleraar beseft dat dit niet aan hemzelf ligt? Zijn de meeste voordrachten werkelijk zo slecht? Hebben de sprekers wel de bedoeling gehad om kennis en inzicht over te dragen? Zitten toehoorders echt massaal te ‘bluffen’ dat ze het verhaal kunnen volgen? Waarom is de kwaliteit van voordrachten geen groot gespreksonderwerp onder wiskundigen?

Ik heb het citaat aan de meeste geïnterviewden voorgelegd. Niemand was verbaasd. Ongeveer de helft viel Klaas volmondig bij. Henk Barendregt: “Klaas verwoordt het uitstekend. Ik ga daarom niet zo vaak naar voordrachten. Ik kies zorgvuldig uit naar welke ik wel ga”. Ook vragen stellen heeft geen zin, zeggen sommige geïnterviewden. Er is geen beginnen aan.

Veel voordrachten zijn onbegrijpelijk, omdat de spreker te snel gaat of op een te hoog niveau start, zeggen de geïnterviewde onderzoekers. Volgens Mark Peletier heeft dat te maken met een wijdverbreid misverstand: “Men denkt: als het niet moeilijk en veel is, kan het ook niet goed zijn”. Daarnaast geven sommige sprekers geen goede inleiding. Frans Oort: “Sommigen beginnen direct met de details. Ze vertellen niet wat de grote lijn is”. Ook komt het veel voor dat de presentatietechniek te wensen over laat, zeggen de geïnterviewden. Thijs Ruijgrok: “Sommige sprekers mompelen drie kwartier lang tegen het bord”. Eduard Looijenga: “Beginners zijn vaak erg zenuwachtig”.

Verschillende geïnterviewden zeggen dat het zou helpen als mensen meer tijd steken in een goede voordracht. Hans van Duijn: “Het kost gewoon tijd om een goede

---

<sup>13</sup>Klaas Landsman is tevens geïnterviewd in dit afstudeeronderzoek.

inleiding te maken”. Een ideale voordracht, zeggen de geïnterviewden, bevat de volgende elementen: een goede inleiding met opbouw en doel van het praatje, simpele voorbeelden aan het begin, wiskundige context, prikkeling van de intuïtie, beperkte hoeveelheid stof, interactie met het publiek.

Tijd voor actie, denkt een naïeve buitenstaander als ik. Maak er bijvoorbeeld een discussieonderwerp van in een vakblad, of wijd er een colloquiumbijeenkomst aan.

Toch lijken de geïnterviewden niet ‘actiebereid’. Ze verdedigen de *status quo* op verschillende manieren. Het is vaak niet mogelijk om voordrachten voor het hele publiek begrijpelijk te laten zijn, zeggen sommigen. Mark Peletier: “Een voordracht is geen college. Mensen verwachten dat je in een voordracht nieuwe dingen laat zien. Het is niet mogelijk om iedereen alles te laten begrijpen. Promovendi hebben soms gewoon niet genoeg ervaring”. Eduard Looijenga: “De ervaring leert dat de voordrachten die helemaal te volgen zijn, in het algemeen niet de interessantste zijn. Je moet als toehoorder niet verlangen dat je een colloquiumvoordracht woord voor woord begrijpt. Het is al heel mooi als je één nieuw idee hoort”. Van voordrachten die je niet begrijpt, kun je toch veel leren, zeggen enkelen. Frans Oort: “Veel voordrachten worden slecht gegeven, dat ben ik met Klaas Landsman eens. Maar hij onderschat de osmose. Ik heb een jaar lang in Parijs gestudeerd. Wat daar gebeurde, ging ver boven mijn pet. Toch heb ik er ontzettend veel geleerd. Bijvoorbeeld wat de moeilijke zaken zijn in een vakgebied en welke dingen vanzelf spreken”. Tenslotte zeggen sommige geïnterviewden het niet onprettig te vinden om bij een voordracht te zitten die ze niet kunnen volgen: eindelijk de kans om ongestoord aan je eigen onderzoek te denken, eindelijk rust.

Het lijkt wel touwtrekken: er wordt hard geklaagd, maar tegelijkertijd wordt de gang van zaken ferm verdedigd. Kennelijk gelooft men niet dat het beter kan. Dat is niet verwonderlijk. Het is moeilijk om een goede en begrijpelijke voordracht over wiskunde te geven. Alle redeneringsstappen moeten helder zijn voor het publiek, omdat wiskunde doorgaans logisch-deductief wordt opgebouwd. Dit ondanks het feit dat er grote verschillen zijn onder de toehoorders in voorkennis en tempo. Bovendien moet meer dan elders de aandacht vast worden gehouden: wiskunde vraagt grote concentratie. Tijdens hun opleiding en werk worden wiskundigen hierin weinig getraind. Onderzoekers worden niet ‘afgerekend’ op de kwaliteit van hun voordrachten, maar op de artikelen die ze publiceren. Tenslotte past het misschien niet in de bestaande cultuur om normen te stellen en om collega’s te bekritisieren. Het is gebruikelijker om elkaar met rust te laten en te respecteren (zie paragraaf 5.4.4).

### 5.6.2 Colleges

Ook colleges zijn niet altijd voor iedereen begrijpelijk. Vrijwel alle geïnterviewden hebben herinneringen aan colleges die voor hen te abstract waren of teveel stof bevatten. Rainer Kaenders: “In het eerste studiejaar snapte ik al na drie weken de colleges niet meer. Men zei dat dat normaal was en dat je maanden lang hard moest werken. Als je tegen de kerst weer wat begreep, zat je goed. Je moest leren door osmose”. Svetlana Borovkova: “De colleges tijdens de masterclass gingen grotendeels aan mij voorbij. Ik had slechts een vaag intuïtief gevoel bij de stof”.

Colleges zijn onbegrijpelijk om dezelfde reden als waarom voordrachten onbegrijpelijk zijn, volgens de geïnterviewden. Docenten gaan te snel of veronderstellen een te hoog beginniveau. Thijs Ruijgrok: “Ik heb laatst voor eerstejaars wiskunde een college gegeven over chaos, in een lezingenreeks over verschillende onderwerpen. Achteraf had ik het idee dat het te simpel was geweest. Toch kwamen er studenten naar me toe om me te bedanken, omdat dit volgens hen het eerste college was geweest dat ze konden volgen”.

Docenten beginnen zonder inleiding of motivatie. Klaas Landsman: “In het tweede jaar miste ik bij het vak topologie een historische of andere motivatie. Ik zie nog voor me hoe de docent in het eerste college zonder enige uitleg axioma’s op het bord schreef”.

Ook ontbreekt het aan goede presentatievaardigheden. Simone van Neerven: “Somme professoren stonden met hun rug naar de klas toe uit te leggen. Aan het einde van de zin gingen ze steeds zachter gingen praten. Ik was dan helemaal ‘los’, had totaal geen connectie met wat zo iemand vertelde”.

Overigens zijn lang niet alle colleges onbegrijpelijk. Simone van Neerven: “Er waren docenten die moeilijke stof op een begrijpelijke manier konden uitleggen en praktische voorbeelden gaven. Dat waren leuke colleges”. Er zijn zelfs studenten die alle colleges begrijpen. Jan Tuitman: “Het is vrijwel nooit voorgekomen dat ik een college niet snapte; ik vond mijn studie niet erg moeilijk”.

Aan het begin van de studie maakte ik voor het eerst mee dat ik een docent in het geheel niet kon volgen, al deed ik mijn best. Op de middelbare school kwam dat niet voor. Ik vroeg me wel eens af of ik wel goed genoeg in wiskunde was om de studie te kunnen volgen. Omdat ik gewend ben om door te zetten en aan het begin van mijn studie toe was aan een uitdaging, heb ik niet opgegeven.

Gedurende de hele studie is het mij regelmatig gebeurd dat ik de docent tijdens een college wel stap voor stap kon volgen, maar geen idee had waar hij mee bezig was. Er spookten allerlei vragen door mijn hoofd: ‘waar wil hij heen?’, ‘waarom zijn we met dit onderwerp bezig?’, ‘hoe verhoudt dit vakgebied zich tot andere vakgebieden?’, ‘wordt deze stof ergens toegepast?’, ‘vanuit welke vragen is deze theorie geconstrueerd?’. Ik kon me de stof niet goed eigen maken, omdat ik niet wist waar ik deze moest plaatsen. Natuurlijk had ik vragen kunnen stellen. Dat deed ik niet altijd. In de eerste twee jaar durfde ik nog wel, omdat ik erop vertrouwde dat mijn vragen terecht waren. Ik had de grote lijn wel gevolgd, maar miste een detail. In het derde en vierde jaar begreep ik soms te weinig om nog vragen te durven stellen. Dan dacht ik: het zal wel aan mij liggen, hopelijk kom ik er thuis wel uit. Ik wilde *en plein public* mijn kop niet stoten. Ook mijn medestudenten stelden weinig vragen.

Inmiddels weet ik dat studenten aan de hogeschool minder schroom hebben om vragen te stellen. In mijn lessen aan studenten aan de lerarenopleiding wiskunde van de Hogeschool van Utrecht laten studenten het me weten als ze iets niet begrijpen of als ze vinden dat ik te snel ga. Waarom doen zij dat wel en universitaire studenten niet? Er zijn vele hypothesen te bedenken. Bijvoorbeeld: universitaire studenten hoorden op de middelbare school bij de slimsten en willen hun zelfbeeld niet krenken.

## **5.7 Ratio versus gevoel**

HET BEDRIJVEN VAN WISKUNDE TRAJNT  
DE RATIO. WELKE CONSEQUENTIES  
HEEFT DAT VOOR HET GEVOELSLEVEN EN  
VOOR HET SOCIALE LEVEN?

### 5.7.1 Een dominante ratio

Frans Oort: “Ik vlieg werkelijk tegen het plafond als mensen het woord ‘dus’ gebruiken zonder dat er sprake is van een logische conclusie. Dan kan ik bijna niet meer luisteren naar wat er volgt. En als mensen zeggen: ‘Ik ben op de helft’, vraag ik altijd: ‘Welke helft, de eerste of de tweede? O, je bedoelt dat je in het midden bent’.” Hij staat niet alleen. Vijf andere geïnterviewden zeggen zich groen en geel te ergeren aan het verhullende en onlogische taalgebruik van veel politici.

Wiskundigen zijn niet alleen getraind om logisch en analytisch te denken, maar ook om op die manier problemen op te lossen. Als ze eenzelfde werkwijze hanteren bij het oplossen van dagelijkse problemen, geeft dat wel eens sociale frictie, zeggen enkele geïnterviewden. Klaas Landsman: “Als ik een reis moet organiseren, zie ik dat als een wiskundig probleem: hoe kun je in zo kort mogelijke tijd voor zo min mogelijk geld reizen? Ik zoek de meest efficiënte reis, en niet per se de meest aangename reis. Ik ben vaak terug gefloten door mijn vrouw of reispartners. Zij wilden bijvoorbeeld graag met de boot omdat de kinderen dan naar de meeuwen kunnen zwaaien. Dat soort argumenten komt niet in me op”.

Dit hoofdstuk behandelt het conflict tussen ratio en gevoel. Een wiskundige heeft gedurende de studie jarenlang zijn ratio getraind. Een (over)ontwikkelde ratio kan in het sociale leven voor frictie zorgen. Wordt het individuele gevoelsleven er ook door beïnvloed?

Zelf heb ik tijdens de wiskundestudie ervaren dat het gevoel naar de achtergrond schoof als ik geconcentreerd met wiskunde bezig was. Wanneer ik een paar uur intensief had gestudeerd op een abstract vak als algebra, kostte het moeite om nadien ‘terug te keren’ naar de realiteit. Als een huisgenoot binnenkwam, kon ik alleen met mijn hoofd en niet met mijn hart luisteren. Het duurde soms wel een half uur voor ik me weer helemaal ‘compleet’ voelde. Ook tijdens colleges verdween het gevoel wel eens naar de achtergrond. Op momenten dat ik me geen intuïtief beeld meer kon vormen bij de stof, stapte ik innerlijk over op een soort ‘mechanisch programma’. Ik leerde wiskundige stapjes achter elkaar te zetten, maar de grond ervoor ontbrak. Dat gaf een ongelukkig, vervreemdend gevoel.

Een aantal geïnterviewden vertelde ervaringen waarbij hun intuïtie ze in de steek liet. Jozef Steenbrink over zijn eerste jaar als promovendus: “Ik begreep niet goed waar ik mee bezig was en vond het allemaal erg technisch”. In de proefinterviews en in de eerste echte interviews heb ik met nadruk gevraagd of de ondervraagde moeite had om na intensieve studie ‘terug te keren’ naar de realiteit. Dat bleek bij de meesten niet het geval. De betreffende geïnterviewden vertelden zich goed van hun omgeving te kunnen afsluiten als ze wiskunde deden, maar er was er maar één die zich nadien vervelend voelde. Deze zei: “Als ik een dag lang intensief onderzoek heb gedaan, kan de avond eigenlijk niet meer leuk worden. Ik heb dan nergens meer zin in. Kan niet meer echt genieten van buiten zitten met mooi weer of van samen zijn met mijn vriendin”. De anderen zeggen zich na het doen van wiskunde niet anders te voelen dan na het lezen van de krant of het repareren van een fiets.

In de psychologische literatuur heb ik gezocht naar ervaringen waarbij het verstand gevoelens naar de achtergrond schuift. Jaren terug heb ik eens een populair-wetenschappelijk boek gelezen over dominante hersenhelften, namelijk ‘Intuïtie en creativiteit’ van Marilee Zdenek [71]. Logisch denken zou in de linkerhersenhelft gebeuren, emoties zouden thuis horen in de rechterhersenhelft [71, blz. 7,8]. Een ervaring waarbij je minder voelt als je geconcentreerd bent op wiskunde, zou daarom kunnen wijzen op eenzijdig gebruik van de linkerhersenhelft, hypothetiseerde ik aan het begin van dit afstudeeronderzoek. Op vele internetpagina’s wordt inderdaad beweerd dat logisch en analytisch denken thuishoort in de linkerhersenhelft en intuïtie en creativiteit in de rechterhersenhelft.<sup>14</sup> In het boek ‘Basic Psychology’ van Henry Gleitman, een standaardwerk dat op de psychologieopleiding aan de Universiteit Utrecht wordt gebruikt, wordt dit echter niet bevestigd: “There is no reason to believe that the two hemispheres correspond to the distinctions (...) between rational vs. intuitive thought, or analytic vs. artistic processes [21, blz. 40]”.

Een andere mogelijke verklaring voor de scheiding van wiskunde en gevoel kan men baseren op een redenering van G. Mandler (gezaghebbend Amerikaanse psycholoog) in ‘Affect and mathematical problem solving’ [43, blz. 9]. Hij schrijft dat mensen met angst voor wiskunde minder goed presteren bij het oplossen van wiskundige problemen, omdat hun angst en gevoel van falen ruimte in beslag nemen in het bewustzijn. Er is maar een beperkte ruimte beschikbaar. Daardoor is er minder plaats om na te denken over het betreffende wiskundige probleem. Wellicht mag deze redenering ook worden omgedraaid. Als alle bewuste capaciteit wordt ingenomen door wiskunde, is er geen plaats meer voor emoties.

Als deze laatste verklaring een kern van waarheid bevat, dan zou hierop doorredenerend kunnen worden begrepen waarom sommige wiskundigen wel last hebben van een scheiding tussen wiskunde en emoties en andere niet. Mensen die in staat zijn wiskunde samen te laten gaan met gevoel, zullen er geen last van hebben. Daarnaast zullen ook mensen die hun bewustzijn nooit helemaal vol laten stromen met wiskunde, er geen last van hebben. Bij hen blijft er ruimte over voor gevoel.

In de psychologische literatuur vond ik ook nog twee begrippen die het ontstaan van een scheiding tussen verstand en gevoel beschrijven: interne dissynchronie en *precocious ego development*. De Amerikaanse auteur Webb schrijft over interne dissynchronie bij hoogbegaafde kinderen [50, verwijzing naar Webb]. Dat betekent dat het kind op sommige gebieden veel sterker ontwikkeld is dan op andere gebieden. Volgens hem komt het regelmatig voor dat een hoogbegaafd kind cognitief verder is dan emotioneel. In de psychoanalytische literatuur wordt een vergelijkbaar fenomeen aangeduid met de term *precocious ego development*: een snellere cognitieve ontwikkeling dan een sociaal-emotionele.<sup>15</sup> Het zou kunnen dat een *precocious ego development* relatief veel voorkomt onder wiskundigen. Zij zijn immers cognitief sterk en lopen dus het risico dat de cognitieve ontwikkeling sneller gaat dan de sociaal-emotionele.

<sup>14</sup>De zoekmachine *Google* geeft bijna 3000 zoekresultaten bij de woorden ‘hemisphere right intuition left logical’

<sup>15</sup>Dit heb ik gehoord van een psychiater van het Nederlands Psychoanalytisch Instituut. Zij vertelde dat het een ingeburgerde term is onder psychoanalytici. Er is echter vrijwel geen literatuur over te vinden.

### 5.7.2 Verlichting en Romantiek

Ten tijde van de Romantiek (eind achttiende eeuw, negentiende eeuw) zette een aantal vooraanstaande schrijvers zich af tegen wiskunde, omdat deze volgens hen een eenzijdig beroep deed op de ratio. In de periode ervoor, namelijk de Verlichting (eind zeventiende eeuw, achttiende eeuw), was de ratio door veel schrijvers bejubeld als sleutel tot begrip en vooruitgang. Wiskunde werd gezien als het onderzoeksmiddel bij uitstek. In de Romantiek vonden enkele schrijvers dat de rationele wetenschap het directe contact met ‘diepere waarheden’ in de weg stond. Diepere waarheden waren volgens hen bijvoorbeeld in de natuur of de poëzie te vinden. Aad Goddijn heeft hier een artikel over geschreven, getiteld ‘Het romantisch ongenoegen met de rede’ [23]. Hieronder ter illustratie een gedicht van de romanticus Novalis (1772–1801), die droomt van een wereld zonder wiskunde:<sup>16</sup>

WENN NICHT MEHR ZAHLEN UND FIGUREN  
SIND SCHLÜSSEL ALLER KREATUREN  
WENN DIE SO SINGEN, ODER KÜSSEN,  
MEHR ALS DIE TIEFGELEHRTEN WISSEN.  
WENN SICH DIE WELT INS FREIE LEBEN  
UND IN DIE WELT WIRD ZURÜCKBEGEBEN,  
WENN DANN SICH WIEDER LICHT UND SCHATTEN  
ZU ECHTER KLARHEIT WERDEN GATTEN.  
UND MAN IN MÄRCHEN UND GEDICHTEN  
ERKENNT DIE WAHREN WELTGESCHICHTEN,  
DANN FLIEGT VOR EINEM GEHEIMEN WORT  
DAS GANZE VERKEHRTE WESEN FORT.

Goddijn betoogt dat wiskundigen van nu zich bewust zouden moeten zijn van de romantische bezwaren tegen hun vak. Volgens hem dragen de media het beeld over dat wiskunde pure ratio is: een koele, harde wetenschap is waarin alles wordt gereduceerd tot formules. De beroepsgroep van wiskundigen verweert zich hier nauwelijks tegen. Wiskunde is meer dan enkel ratio, zo beweert Goddijn impliciet in zijn artikel.

### 5.7.3 Wiskunde en gevoel

Bij veel geïnterviewden gaan wiskunde en gevoel juist goed samen. Wiskunde roept gevoel op. Frans Oort, Henk Barendregt en Jozef Steenbrink zeggen dat ze in een staat van verliefdheid kunnen raken van een wiskundig probleem. Eduard Looijenga wil niet sterven voordat hij kennis heeft genomen van prachtige wiskunde die zijn voorgangers hebben gemaakt.

Om wiskundig onderzoek te kunnen doen, is er niet alleen verstand, maar ook intuïtie nodig. Sommige geïnterviewde wiskundeonderzoekers zeggen voornamelijk intuïtief te werk te gaan. Ook in de literatuur wordt bevestigd dat de intuïtie een grote

---

<sup>16</sup>Dit gedicht is volgens Ludwig Tieck, vriend van Novalis, de kern van wat Novalis wilde schrijven in een onvoltooid gebleven roman [14]



rol speelt bij het bedrijven van wiskunde. Jacques Hadamard beweert dat grote wiskundigen vooral in vage beelden denken en niet zozeer in abstracte formules ([15, blz. 321, parafrase van [27]], zie ook [15, blz. 413 e.v.]).

Er bestaat geen noodzakelijke tegenstelling tussen wiskunde enerzijds en gevoel en intuïtie anderzijds. Hoe kan het dat er in mijn beleving soms wel zo'n tegenstelling leek te zijn? Mijn hypothese nu: een dergelijke tegenstelling ontstaat er op de momenten dat de intuïtie het laat afweten. Dat gebeurde bij mij bij sommige abstracte hogerejaarsvakken. Sommige wiskundeonderzoekers zullen het misschien nooit hebben gehad. Andere mensen hebben het al vroeg in hun schoolcarrière en zullen altijd wiskunde hebben gedaan met een soort 'mechanisch programma'.

Hiermee is nog niet verklaard waarom de romantici wiskunde voornamelijk met de ratio associeerden. Waarom spraken niet juist de intuïtieve en mysterieuze kanten van wiskunde hen aan? Zouden de vooraanstaande schrijvers van toen voornamelijk 'mechanische ervaringen' hebben gehad met wiskunde? Wellicht een vraag voor nader onderzoek?

#### 5.7.4 Omgekeerd gevoel

Sommige wiskundigen lijken zelfs meer gevoel te beleven aan wiskunde dan aan de realiteit of menselijk contact. Een deel van mijn medestudenten zag ik bevlogen praten over wiskunde, maar andere onderwerpen overwegend rationeel benaderen. Enkelen van mijn universitaire docenten vertelden tijdens college dolenthousiast over hun vak, terwijl ze in het sociaal verkeer niet zo vaak gevoel leken te tonen. William Dunham beschrijft zijn eigen beleving in 'The mathematical universe': "The material world begins to seem so trivial, so arbitrary, so ephemeral when contrasted with the timeless beauty of mathematics [17, blz. 161]".

Een verwante observatie is te vinden in onderstaand gedicht van Marjolein Kool (zelf wiskundige) [48]:

VOORJAAR

LENTEGEUREN EN DE TEERSTE  
ZONNESTRALEN STROOIEN KANSEN.  
BUITEN ZIE JE WEER DE EERSTE  
BLOTE MEISJESBENEN DANSEN.

BINNENSHUIS WIL EEN GELEERDE  
GRAAG FIGUREN CONSTRUEREN.  
MEISJES, ZELFS DE MEEST BEGEERDE,  
LAAT HIJ ACHELOOS PASSEREN.

WANT DE DRIEHOEK DIE ZO-EVEN  
OP ZIJN KLADBLOK IS VERSCHENEN,  
DOET HEM OPGEWONDEN BEVEN:  
'KIJK NOU, TWEE GELIJKE BENEN!'

## 6 Discussie van de werkwijze

Deze scriptie is niet meer dan een terreinverkenning. Het resultaat van deze verkenning is een overzichtskaart waarop een aantal gebieden staat aangegeven. De kaart is op sommige plaatsen scherper dan op andere plaatsen. Er staan zelfs witte vlekken op. Dat komt omdat de gevolgde werkwijze niet uitputtend was. Hieronder wordt een aantal kritische kanttekeningen belicht.

De samenstelling van de groep geïnterviewden is relatief onevenwichtig. Weinig geïnterviewden zijn bezig met wiskunde als toepassingsgerichte wetenschap. Ongeveer driekwart van de geïnterviewden werkt als wiskundeonderzoeker aan een universiteit, waarvan meer dan de helft als hoogleraar. Mensen die ervoor gekozen hebben om wiskundeonderzoeker te worden of te blijven rapporteren naar verwachting meer positieve ervaringen dan de gemiddelde wiskundige.

Er was in dit onderzoek geen tijd om meer dan zeventien mensen te interviewen. Het is mogelijk dat er thema's zijn die in de interviews niet aan de orde zijn gekomen, maar die voor veel wiskundigen wel bepalend zijn voor hun beleving van het vak.

Tenslotte heb ik ervoor gekozen de uitspraken van de geïnterviewden niet te anonimiseren. De geïnterviewden wisten van tevoren dat ze met naam en foto in mijn scriptie zouden komen. Ik verwacht dat ze daarom niet hun hele ziel en zaligheid aan mij hebben verteld. Sommigen 'censureerden' zichzelf achteraf door mij te vragen bepaalde stukken te nuanceren of weg te laten. Ze waren bang erop aangesproken te worden, schreven ze. Het ging hierbij vrijwel altijd om negatieve ervaringen. Ik vind het begrijpelijk en goed dat geïnterviewden zichzelf beschermen. Niettemin beïnvloedt dit fenomeen wel mijn scriptieresultaten: negatieve ervaringen komen minder aan bod dan positieve ervaringen.

De onderzoeksmethode die in deze scriptie is gebruikt, lijkt op wat in de sociale wetenschappen 'veldonderzoek' heet. Volgens de auteurs van 'Onderzoeksmethoden', een basisboek dat bij sociaal-wetenschappelijke studies aan de Universiteit Utrecht wordt gebruikt, kan 'veldonderzoek' als volgt worden gedefinieerd: "Veldonderzoek is een onderzoeksstrategie voor het beschrijven, interpreteren en verklaren van gedragingen, opvattingen en 'produkten' van de betrokkenen in een meestal beperkte, bestaande onderzoekssituatie (een veld), door directe gegevensverzameling van onderzoekers die daar lijfelijk aanwezig zijn en dat veld zo min mogelijk verstoren [29, blz. 265]". Ook de onderzoeksmethode van dit afstudeeronderzoek is hoofdzakelijk beschrijvend van aard. Mijn eigen observaties vonden plaats in een beperkte, bestaande onderzoekssituatie waar ik lijfelijk aanwezig was, namelijk de universitaire wiskundestudie met entourage (het veld). De interviews werden gehouden met mensen uit het veld.

Toch is er ook een verschil. Dit onderzoek beschrijft in de eerste plaats belevingen. In de definitie van veldonderzoek wordt niet gesproken over belevingen. Veldonderzoek is gericht op het beschrijven van gedragingen, opvattingen en produkten. In het boek 'Onderzoeksmethoden' wordt er in het geheel geen aandacht besteed aan het onderzoeken van belevingen.

Volgens psychonoom Harald Kunst van de Universiteit Utrecht is het in de psychologie ongebruikelijk om belevingen te onderzoeken door middel van uitspraken van mensen. Hij zegt dat uitspraken altijd onbetrouwbaar zijn, hoezeer de mensen ook hun

best doen om een zo openhartig en eerlijk mogelijk beeld te schetsen van hun ervaringen. Hij geeft hiervoor drie redenen: veel ervaringen zijn moeilijk te verwoorden, het geheugen vergeet en vertekent, mensen vertellen vanuit zelfontworpen theorieën over zichzelf en de wereld om hen heen (zie ook paragraaf 3.1 van deze scriptie).

Een heldere argumentatie. Toch vind ik het persoonlijk onterecht om uitspraken van mensen over hun beleving uit te sluiten van wetenschappelijk onderzoek. Ze geven wel degelijk informatie, ook al is deze mogelijk enigszins vertekend. En het is bij uitstek een onderwerp dat ons aangaat.

## 7 Samenvatting en conclusies

In de loop van dit afstudeeronderzoek zijn zeven thema's geformuleerd. Deze lijken tezamen een beeld te geven van het scala van belevingen dat wiskunde oproept bij de geïnterviewden en bij mezelf.

### 1. Verleiding en verlating

Wiskunde heeft verleidelijke kanten, zoals schoonheid, pretentie van waarheid en zekerheid. Deze verleiding brengt sommige wiskundigen in een roes van verliefdheid. Ze hoeft niet constant te zijn: sommigen ervaren haar pas na verloop van tijd, bij anderen verdwijnt ze gaandeweg.

### 2. Ploeteren en schitteren

Wiskunde is een moeilijk vak. Beginners en gevorderden moeten hard werken om vooruit te komen. De wiskundestudie is niet voor iedereen haalbaar. Frustratie ligt op de loer als resultaten uitblijven. Aan de andere kant biedt wiskunde ook de kans om te schitteren als het is gelukt een doorbraak te forceren. Veel wiskundigen halen hier voor zichzelf voldoening uit, sommigen ervaren ook waardering van collega's.

### 3. Zin en onzin

Wiskundigen die zich bezig houden met toepassingen, halen voldoening uit de bijdrage die ze leveren aan het begrijpen en oplossen van praktische problemen. In de zuivere wiskunde en in de eerste jaren van de wiskundestudie aan algemene universiteiten wordt doorgaans relatief weinig aandacht besteed aan toepassingen. Sommige zuiver-wiskundigen en sommige wiskundestudenten beseffen op een bepaald moment dat ze hun vak 'onmaatschappelijk' vinden.

### 4. Onder wiskundigen

Sommige wiskundigen voelen zich in sociaal opzicht niet op hun gemak onder vakgenoten, omdat ze deze ongezellig of *narrow-minded* vinden. Anderen voelen zich er bij uitstek op hun gemak, omdat wiskundigen volgens hen makkelijk in de omgang zijn en in gesprekken snel tot de kern van de zaak komen.

### 5. Alleen of samen

Het is moeilijk om met niet-wiskundigen te praten over wiskunde van academisch niveau. Sommige wiskundigen vinden dit een groot nadeel van hun vak. Het is voor wiskundeonderzoekers zelfs moeilijk om met collega's over hun onderzoeksterrein te praten. Wiskundeonderzoek vindt namelijk plaats op specialistische gebieden. Wiskundigen hebben binnen hun eigen instituut vaak geen collega's met wie ze kunnen samenwerken. Nationaal gezien hebben ze keuze uit een handjevol mensen. Sommige wiskundigen vinden het vervelend dat ze noodgedwongen veel alleen werken. Mensen die vruchtbare samenwerkingen hebben gevonden, vinden samenwerken aan wiskunde soms het leukste aspect van het vak.

6. Overdragen, een kunst op zich

Het is niet ongebruikelijk dat wiskundestudenten de draad kwijtraken tijdens colleges. Ook komt het veel voor dat wiskundeonderzoekers de voordrachten van collega's niet begrijpen. Door de geïnterviewde onderzoekers wordt dit gezien als een natuurlijk gegeven. Niemand lijkt zich er echt druk om te maken.

7. Ratio versus gevoel

Wiskunde traint het analytische denkvermogen. Sommige wiskundigen ervaren sociale frictie als ze op een wiskundige manier dagelijkse problemen oplossen. Enkelen hebben er last van dat het denken het gevoel tijdelijk verdringt. Voor anderen is wiskunde juist een bron van gevoel en plezier. Voor enkelen zelfs meer dan de realiteit, zo lijkt het.

Elk van de thema's roept bij minstens één geïnterviewde (of bij mezelf) sterke emoties op. Alle geïnterviewden rapporteren intense belevingen op het gebied van het eerste en tweede thema, zonder dat ik daar expliciet naar vroeg. Het derde, vierde, vijfde en zesde thema werd door sommigen zelf als belangrijk gespreksonderwerp ingebracht. Het zevende thema werd door niemand te berde gebracht, maar dit was in mijn eigen ervaring wel essentieel.

Vrijwel alle geïnterviewden hebben sterk positieve en sterk negatieve belevingen gehad bij het doen van wiskunde.

Wiskunde geeft alle geïnterviewden plezier en schoonheidservaringen. De meeste geïnterviewden ervoeren dit al op de middelbare school. Ze kozen voor een studie wiskunde, omdat het vak hen intrigeerde. Wiskunde biedt ook de kans talenten te ontplooiën en bewondering te oogsten. Een aantal geïnterviewden zei voor deze studie te hebben gekozen, omdat ze er goed in waren op de middelbare school en/of een uitdagende studie wilden. Enkelen kozen voor wiskunde, omdat ze wilden leren hoe je er (alledaagse) problemen mee kunt oplossen of begrijpen.

Over het algemeen wordt universitaire wiskunde positiever gewaardeerd dan schoolwiskunde. Schoolwiskunde wordt door sommigen geassocieerd met 'saai sommen maken'. De geïnterviewde wiskundeonderzoekers vinden het doen van onderzoek weer leuker dan de studie, omdat ze in het onderzoek zelf productief kunnen zijn.

Alle geïnterviewden hebben negatieve belevingen gehad bij het bedrijven van wiskunde. De belangrijkste bezwaren die worden genoemd, zijn de moeilijkheid, eenzaamheid en 'onmaatschappelijkheid' van het vak. Ruim driekwart van de geïnterviewden heeft zelfs overwogen te stoppen met de wiskundestudie of met het werk als wiskundeonderzoeker, of is er daadwerkelijk mee gestopt. Dit is opvallend, omdat mag worden verwacht dat deze groep geïnterviewden positiever is over hun vak dan de gemiddelde wiskundige (zie de discussie, hoofdstuk zes). Wellicht veroorzaakt wiskunde bij vrijwel alle wiskundigen op een bepaald moment (sterk) negatieve belevingen. De populatie is echter te klein om hier een zinnige uitspraak over te doen.

Een kwart van de geïnterviewden is geen wiskundeonderzoeker, maar werkt elders. Voor hen waren vooral de eenzaamheid en ‘onmaatschappelijkheid’ van het vak doorslaggevende redenen om elders werk te zoeken. Ze willen in hun werk meer doen dan alleen wiskunde.

De geïnterviewde vrouwen hebben meer problemen dan de mannen met de onpersoonlijke cultuur die er soms onder wiskundigen heerst. Bovendien twijfelden ze meer aan hun studie- en beroepskeuze.

De meeste geïnterviewden gingen met enthousiasme in op mijn uitnodiging per email. “Wat een leuk onderwerp”, schreven sommigen. Bij het afscheid zeiden er veel dat ze benieuwd waren naar wat de andere geïnterviewden hadden gezegd. Ook de wiskundestudenten met wie ik over deze scriptie heb gepraat, zeiden uit te kijken naar de resultaten. Kennelijk wordt er onder wiskundigen weinig gecommuniceerd over de beleving van wiskunde.

### Analyse

De resultaten van dit afstudeeronderzoek kunnen begrepen worden door te kijken naar kenmerken van wiskunde, van wiskundigen en van de omgangcultuur onder wiskundigen.

Wiskunde neemt mijns inziens in twee opzichten een extreme positie in tussen de andere wetenschappen: ze staat *relatief los van de fysieke realiteit en van de menselijke ervaring, ze vraagt een hoog niveau van abstract denken.*

De gevonden thema’s houden mijns inziens nauw verband met deze twee gegevens. Doordat wiskunde relatief los staat van de realiteit, ontstaan zingevingsvragen (thema 3). Wiskunde vraagt een hoog niveau van abstract denken. Daardoor is het een moeilijk vak, dat voor velen niet is weggelegd (thema 2). Daardoor ook is wiskundige theorie moeilijk over te dragen aan niet-ingewijden (thema 5 en 6). Tenslotte doet ze daardoor een groot beroep op het verstand (thema 7). Beide gegevens zorgen ervoor dat wiskunde een bepaald soort mensen aantrekt: mensen die in staat zijn abstract en helder te denken, maar ook mensen die zich liever niet bezighouden met de realiteit (thema 4). Beide gegevens vormen ook de verleiding van wiskunde (thema 1): wiskunde biedt andere inzichten dan de realiteit, wiskunde is ‘gestyleerder’ en ‘minder vervuild’ dan de realiteit.

Bij andere disciplines zullen sommige thema’s wellicht terugkomen, maar met andere accenten en naar verwachting niet zo extreem als bij wiskunde. Natuurkundigen en scheikundigen worstelen misschien minder met het nut van hun vak, ze werken over het algemeen vaker in teams en zullen misschien minder moeite hebben om begrijpelijk over hun vak te praten. Andersoortige thema’s zouden bepalend kunnen zijn voor hun vakbeleving: de afhankelijkheid van geldschietters en van metingen en resultaten van collega’s, concurrentie, ethische dilemma’s. Een alfa-wetenschapper zal zich misschien herkennen in de verleiding van het vak en de zinvraag. Een nieuw thema zou de ‘invoelbaarheid’ van theorie kunnen zijn: literatuur gaat over menselijke emoties. Ook concurrentie zou een thema kunnen zijn.

De manier waarop wiskundigen het doen van wiskunde beleven, hangt niet alleen af van de aard van wiskunde, maar ook van de persoonlijkheid en karaktereigenschappen van de beoefenaars. Wiskundigen lijken een aantal eigenschappen met elkaar gemeen te hebben. Hieronder een schets van deze eigenschappen, gebaseerd op een vergelijking van de interviews en van de literatuur.

Wiskundigen hebben een *streng arbeidsethos*.<sup>17</sup> Hoewel het in onze maatschappij meer en meer draait om snelle bevrediging, ploeteren wiskundestudenten zich gedisciplineerd door moeilijke stof en onbegrijpelijke colleges heen. Wiskundeonderzoekers werken jarenlang met grote toewijding aan hetzelfde probleem.

Wiskundigen ‘draaien’ *op eigen kracht*. Ze kunnen lange tijd alleen werken. Wiskundeonderzoekers zijn in hun werk weinig afhankelijk van de waardering van anderen.<sup>18</sup> Ze hebben geen façade en zijn vriendelijk en open. Competitie is niet zo belangrijk.<sup>19</sup> Na jarenlange training in zelfstandig, kritisch en logisch denken, zijn ze gewend niets *a priori* aan te nemen.

*Wiskunde lééft* voor wiskundigen en roept nieuwsgierigheid, plezier, genot en bewondering op. Voor de meeste mensen is wiskunde een stelsel regels en trucjes, maar voor wiskundigen is wiskunde vol betekenis. Zij hebben intuïtieve beelden bij wiskundige begrippen, waardoor deze net zo levendig zijn als de zichtbare werkelijkheid. Ze zijn het heel aardig met elkaar eens over de manier waarop er met wiskundige begrippen gemanipuleerd kan worden. Wiskunde is voor hen dus geen subjectieve materie, maar ze is intersubjectief of zelfs objectief. Wiskundige fenomenen prikkelen hun nieuwsgierigheid. Het is een sport om de geheimen van deze fenomenen te kraken. Wiskundigen zijn ‘verslaafd’ aan de *kick* die ze krijgen als ze opeens de oplossing zien van een bepaald probleem. Ze zijn bereid daarvoor lange periodes van mist en eenzame arbeid te doorstaan.

Zo ontstaat het volgende beeld: wiskundigen zijn doorzetters, zelfstandige werkers en ze zijn mensen voor wie hun vak leeft. Het zou kunnen zijn dat dit harde voorwaarden zijn om wiskunde te kunnen beoefenen op een academisch niveau. Er is niet alleen een wiskundeknobbel nodig. Ook een set karaktereigenschappen en een gevoelsmatige binding met het vak zijn essentieel.

Als deze analyse van de persoonlijkheid van wiskundigen een kern van waarheid in zich draagt, kan hiermee een deel van de resultaten worden begrepen. Mensen met een streng arbeidsethos vinden het gewoon om hard te werken. Universitaire docenten vergeten aan hun studenten te laten zien dat iedereen ploetert met wiskunde.

Een wiskundestudie is alleen aantrekkelijk voor mensen die zelfstandig kunnen werken en relatief onafhankelijk zijn van de waardering van anderen. De wiskundestudie is ook aantrekkelijk voor mensen die deze twee eigenschappen *in extremo* hebben. Mensen die het liefst alleen werken, komen in de universitaire wiskundewereld aan hun trekken. Zij bepalen voor een deel de omgangscultuur onder wiskundigen: één waarin gesprekken vaak kort en zakelijk zijn.

Wiskunde lééft voor wiskundigen, maar voor de meeste niet-wiskundigen is het

<sup>17</sup>Volgens Henk van der Vorst, mijn afstudeerdocent, hebben veel Nederlandse wiskundigen daadwerkelijk een calvinistische achtergrond.

<sup>18</sup>Zo blijkt althans uit de interviews. Het kan natuurlijk zijn dat de geïnterviewden niet wilden pochen en daarom minder spraken over successen.

<sup>19</sup>Zie vorige voetnoot.

vak morsdood. Wiskundigen die aan leken willen overbrengen wat hun fascineert, stuiten hierdoor op een muur van onbegrip. Niet-wiskundigen begrijpen niet wat er leuk kan zijn aan wiskunde en creëren hun eigen stereotype beelden van wiskunde en wiskundigen.

Enkele thema's hebben te maken met de omgangscultuur onder wiskundigen. *'Leven en laten leven'* is mijns inziens de belangrijkste omgangsregel onder wiskundigen.<sup>20</sup> Ieder mag zijn eigen gang gaan, zich kleden zoals hij dat wil, zijn eigen (politieke) opvattingen hebben. Openlijke conflicten zijn zeldzaam. Men is tolerant, beleefd en vriendelijk. Hoewel wiskundigen opkijken tegen collega's die wiskundig gezien goed presteren, zijn de verhoudingen niet hiërarchisch. Een student kan zonder problemen binnenlopen bij een hoogleraar.

De omgangscultuur is *zakelijk*. Onder wiskundestudenten en wiskundeonderzoekers wordt er relatief weinig over het persoonlijke leven of over gevoelens gepraat. Universitaire docenten geven zakelijk college. Ze maken weinig grapjes en vertellen zelden anekdotes. Ook hun persoonlijke visie of hun eigen fascinatie komt meestal niet aan de orde.

Het vierde thema (onder wiskundigen), het vijfde thema (alleen of samen) en het zesde thema (overdragen, een kunst op zich) hebben direct te maken met de omgangscultuur onder wiskundigen. Wiskundigen voelen zich vaak op hun gemak onder vakgenoten, want iedereen wordt in zijn waarde gelaten. Maar de academische wiskunde-wereld is hiermee ook aantrekkelijk voor sociaal minder begaafde mensen.

Door de zakelijke cultuur voelen sommigen zich soms niet thuis onder collega's. Tijdens colleges en wiskundevoordrachten wordt er weinig inspiratie overgedragen.

### Discussiepunten

Sommige onderwerpen uit deze scriptie leveren mogelijk stof tot discussie:

- Uit het literatuuronderzoek blijkt dat veel wiskundestudenten afvallen en dat de overige studenten over het algemeen grote vertraging oplopen. Uit de interviews blijkt dat veel wiskundigen kampen met de moeilijkheid, eenzaamheid en 'onmaatschappelijkheid' van het vak. Zou het zinvol zijn meer expliciete aandacht te besteden aan deze bezwaren in het onderwijs en bij de begeleiding van studenten?
- Alle geïnterviewde onderzoekers zeggen dat de kwaliteit en effectiviteit van wiskundige voordrachten te wensen overlaat. Is het zinvol hier meer aandacht aan te besteden in vakbladen, of er colloquiumvoordrachten of trainingen aan te wijden?
- De kwaliteit en effectiviteit van wiskundecolleges laat te wensen over. Studenten kunnen de grote lijn niet volgen en vragen zich af wat de wiskundige, historische of maatschappelijke context is van de theorie. Moeten docenten gestimuleerd worden om contact te houden met hun publiek, waardoor ze in de gaten hebben wanneer studenten afhaken? Moeten ze gestimuleerd worden om meer context te schetsen?
- Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat wiskundigen in de media en kunst vaak weinig aantrekkelijk en onrealistisch worden geportretteerd. Moet er een 'tegenoffensief' worden gestart?

---

<sup>20</sup>Deze bewering is voornamelijk gebaseerd op mijn eigen observaties, voornamelijk aan de Universiteit Utrecht.



## Vervolg vragen

In dit afstudeeronderzoek zijn verschillende aspecten aan het licht gekomen die het waard zijn om verder onderzocht te worden.

In dit onderzoek zijn mensen geïnterviewd die een wiskundestudie hebben voltooid. Er zijn ook veel mensen die beginnen aan een wiskundestudie, maar deze niet afmaken (tabel 4, paragraaf 5.2.2). Zij hebben ooit gemotiveerd gekozen voor wiskunde, maar zijn ergens afgehaakt. Hoe komt dat? Welke verwachtingen hadden zij toen ze aan de studie begonnen? Welke van die verwachtingen kwamen uit, welke niet? Op welk moment groeide er een gevoel van demotivatie? Hoe kwam het dat ze uiteindelijk besloten te stoppen met de studie? En hoe kijken ze nu terug: zijn ze tevreden met hun beslissing, zijn ze nog steeds gefascineerd door wiskunde? Deze mensen kunnen inzicht geven in de beweegredenen van studenten die stoppen met een wiskundestudie. Hun ervaringen kunnen helpen een plan op te stellen om meer studenten te behouden bij de studie en er (mogelijk) ook meer aan te trekken.

In Nederland zijn er erg weinig vrouwelijke wiskundeonderzoekers (zie paragraaf 5.4.1). Van de wiskundestudenten is ongeveer een kwart vrouw, van de hoogleraren maar twee procent. Hoe kan dit? Ligt het aan de vrouwen zelf: willen ze niet zoveel alleen werken, willen ze werk doen met direct maatschappelijk nut, hebben ze te weinig zelfvertrouwen om een onzekere baan als wiskundeonderzoeker aan te durven? Of ligt het aan de mannen? Maken zij het vrouwen weinig aantrekkelijk met hun zakelijke omgangscultuur?

In dit onderzoek werd duidelijk dat sommige wiskundestudenten of promovendi op een bepaald vakgebied hun intuïtie verliezen en dan doorgaan op een ‘mechanische’, technische manier. Het plezier verdwijnt en resultaten blijven uit. Dit is een fenomeen, waar ik in mijn universitaire opleiding nooit iemand over heb horen praten. Ik vind het belangrijk dat dit wel gebeurt, bijvoorbeeld door studiebegeleiders en docenten. Wellicht zou het fenomeen eerst nader onderzocht moeten worden. Nieuwe onderzoeksresultaten kunnen bijdragen aan de kwaliteit van het onderwijs en (niet in het minst) aan het geluk van aanstaande wiskundigen.

## 8 Persoonlijk slotwoord

Mijn worsteling met wiskunde was niet uniek, zo is gebleken. De geïnterviewden worstelden zelfs met nagenoeg dezelfde thema's: de moeilijkheid van het vak, de 'onmaatschappelijkheid', de eenzaamheid, de cultuur onder wiskundestudenten en -docenten. Jammer dat daar niet meer over wordt gepraat. Ik zou graag zien dat deze scriptie eraan bijdraagt dat het een gespreksonderwerp wordt, zowel tussen docenten en studenten als tussen studenten onderling.

Door dit afstudeeronderzoek ben ik me bewust geworden van mijn 'mechanische' studiemethode in het derde en vierde studiejaar. Mijn intuïtie liet het in die tijd vaak afweten, waardoor ik mijn toevlucht nam tot het reproduceren van de stof. Ik begreep nog nauwelijks waar ik mee bezig was. Dat gaf een vervelend gevoel. Tijdens dit afstudeeronderzoek hoorde ik van een aantal geïnterviewden hoe belangrijk intuïtie voor hen was bij het doen van wiskunde. Hierdoor realiseerde ik me dat die 'mechanische' manier van studeren niet goed was. Als ik het niet had afgeleerd om elementaire vragen te stellen aan mezelf en aan docenten, was mijn intuïtie me misschien langer blijven volgen. Misschien waren de vakken die ik koos ook wel te hoog gegrepen en had ik beter minder abstracte vakken kunnen kiezen.

Ik vond het een ontdekking te zien dat de meeste geïnterviewden intens van wiskunde kunnen genieten. Ik had verwacht dat wiskunde als schuilplaats zou worden gebruikt: een plaats waar je je niet met anderen hoeft te bemoeien, waar anderen zich niet met jou bemoeien en waar los kunt komen van je gevoel. Dit beeld vond ik echter nauwelijks bevestigd in de interviews. De interesse voor wiskunde is oprecht.

Ik had nooit gedacht dat ik zou mogen afstuderen op persoonlijke ervaringen bij het bedrijven van wiskunde. Het leek me niet wiskundig genoeg en onwetenschappelijk. Dat het toch is gebeurd, is in de eerste plaats te danken aan mijn scriptiebegeleider Chris Zaal. Hij stimuleerde me te onderzoeken wat me werkelijk interesseerde. Deze scriptie zou er ook niet zijn gekomen als mijn afstudeerprofessor Henk van der Vorst niet zijn fiat had gegeven aan dit ongebruikelijke onderwerp. Ik heb er bewondering voor dat ze buiten bestaande paden durfden te gaan.

Gedurende dit afstudeeronderzoek is mijn eigen definitie van 'wetenschap' veranderd. Wetenschap associeerde ik met het logisch ordenen van bestaande kennis, met vaststaande onderzoeksmethodes, met objectiviteit en 'harde cijfers'. Chris Zaal en Henk Bos (medebeoordelaar van deze scriptie) bleken ruimere definities te hanteren van het begrip wetenschap. "Wetenschap, dat is onderzoek doen zonder vooringegenomenheid", zei Chris. "Wie bepaalt wat wetenschap is?" zei Henk, "daar zijn hele boeken over volgeschreven". Deze mensen heb ik hoog en ze hebben veel meer ervaring met wetenschap dan ik. Als zij niet zo streng in de leer zijn, waarom zou ik dat dan wel zijn? Dat idee gaf me lucht. Inmiddels heb ik aan mijn eigen omschrijving van 'wetenschap' een aantal aspecten toegevoegd: vermoedens formuleren, een nieuw gebied schetsmatig in kaart brengen, je nek uit durven steken.

Wetenschappelijke moed, dat is misschien wel het belangrijkste dat Chris me als scriptiebegeleider heeft gegeven. Moed om mijn eigen vragen te stellen, om ondanks bezwaren van anderen een werkwijze te kiezen waar ik in geloof, om mijn eigen mening op te schrijven en om op waarde te schatten wat ik heb gedaan.

Tenslotte heb ik in dit afstudeeronderzoek ook een ideale onderwijssituatie mogen meemaken. Het onderwerp was me op het lijf geschreven, ik kon er creativiteit in kwijt, mijn scriptiebegeleider nam tijd voor me en leerde me kwaliteitseisen. Dat heeft me ook als docent doen groeien: zulke situaties bestaan dus. Ik zou willen dat ik ze ook kan creëren.

Fijn dat het af is, maar jammer dat het voorbij is. Chris, Henk en Henk, bedankt voor de goede samenwerking. Iedereen die zich liet interviewen en proefinterviewen, dank voor jullie gastvrijheid, openheid en interesse. Dank aan degenen die tijdens hun werk tijd voor me hebben vrijgemaakt: Frank, Rudi en Marcel van de helpdesk, Harald Kunst en Frans Verstraten van de opleiding psychologie, Diederick Raven van de opleiding culturele antropologie, Aad Goddijn van het Freudenthal Instituut, Daniël Blok van de afdeling persvoorlichting van de Informatie Beheer Groep, Onno Möller van Bureau Controller van de Universiteit Utrecht, Gerard Alberts van het CWI, professor Doorman als wetenschapsfilosoof, Jeroen Torenbeek en Jan Veldhuis als bestuurders van de Universiteit Utrecht.

Léonie, Lisa en Lars, zonder jullie hulp was ik nu nog bezig. Ruben, zonder oog van de meester was het paard verhongerd. Betty, Laurens, Jacob, Friso en Annelies, jullie kritische noten behoedden mij voor overmoed en nonchalance. Desiree, Theo, Anne-Marie, Jeroen en Ivo, jullie suggesties en referenties brachten nieuwe perspectieven. En wat zou afstuderen zijn als er niets te lachen viel? Dank lieve Janneke en alle andere grappenmakers.

## Referenties

- [1] Adams, Verna M., *Affective Issues in Teaching Problem Solving: A Teacher's Perspective*, in [43], blz. 192–201
- [2] Albers, Donald J. en Alexanderson, Gerard L., *Mathematical people, profiles and interviews*, Birkhäuser, Boston (etc.), 1985
- [3] Albers, Donald J. en Alexanderson, Gerard L. en Reid, Constance, *More mathematical people, contemporary conversations*, Academic Press, San Diego, 1997
- [4] Ballering, Frans e.a. (redactie Hans Krabbendam), *Rekenen voor de lerarenopleiding*, Algemeen Pedagogisch Studiecentrum (APS), Utrecht, 1997
- [5] Baldwin, John T., *Three mathematical cultures*, Department of Mathematics, Statistics and Computer Science, University of Illinois, Chicago  
Te vinden op internetpagina <http://www2.math.uic.edu/jbaldwin/pub/3cult.html>
- [6] Bauersfeld, Heinrich, Das Anderssein der Hochbegabten, Merkmale, frühe Förderstrategien und geeignete Aufgaben, in: *Mathematica didactica*, nummer 25, 2002
- [7] A beautiful mind, bioscoopfilm, geregiseerd door Ron Howard, uitgekomen in januari 2002
- [8] Bottema, O., Verscheidenheden, in: *Euclides*, 1965/66, nummer 41, blz. 177–181
- [9] Brandt Corstius, Hugo, Wiskunst, in: *Nieuw Archief voor Wiskunde*, 5e serie, deel 4, nummer 3, 2003, blz. 238–239
- [10] Bruijn, H. de, *Waarom is wiskunde zo onwerkelijk*, niet uitgegeven, gepubliceerd op internetpagina <http://huizen.dto.tudelft.nl/deBruijn/Boek.htm>
- [11] Bruton, Leone (redactie), *Gender and mathematics, an international perspective*, Cassell, Singapore, 1990
- [12] Buxton, Laurie, *Do you panic about maths? coping with maths anxiety*, Heinemann Educational Books, Londen (etc.), 1981
- [13] Dalen, D. van, *LEJ Brouwer, een biografie*, Bert Bakker, Amsterdam, 2001
- [14] Davies, H., *William Wordsworth*, Butler and Tanner, 1980
- [15] Davis, Philip J. en Hersh, Reuben, *The mathematical experience*, Birkhäuser, Boston (enz.), 1981
- [16] Donkers, Henk en Willems, Jaap, *Journalistiek schrijven, voor krant, vakblad en media*, Coutinho, Bussum, 1999
- [17] Dunham, William, *The mathematical universe*, John Wiley & Sons, Inc., Verenigde Staten, 1994

- [18] Enzensberger, Hans Magnus, De Mathematiker, in: *Zukunftsmusik*  
Te vinden op internetpagina  
<http://giotto.mathematik.uni-tuebingen.de/citation/enzensberger.shtml>
- [19] Evans, Jeff, *Adults' Mathematical Thinking and Emotions, A Study of Numerate Practices*, RoutledgeFalmer, Londen, 2000
- [20] Gadanidis, George en Hoogland, Cornelia en Jarvis, Daniel, *Mathematics as an aesthetic experience*, voordracht gehouden op de 27ste conferentie van de International Group for the Psychology of Mathematics Education
- [21] Gleitman, Henry, *Basic Psychology*, W.W. Norton & Company, New York / Londen, 1996
- [22] Goddijn, Aad, *Leesboek 4000 jaar wiskunde in de literatuur*, Freudenthal Instituut, samengesteld ter gelegenheid van de Nationale Wiskunde Dagen 1995
- [23] Goddijn, Aad, Het romantisch ongenoegen met de rede, in: *Euclides*, jaargang 79, nummer 4, januari 2004, blz. 170–175
- [24] Gowers, Timothy, *The importance of mathematics*, rede uitgesproken op 24 mei 2000 aan het Clay Mathematics Institute in Parijs.  
Te vinden op internetpagina [www.dpmms.cam.ac.uk/wtg10/importance.pdf](http://www.dpmms.cam.ac.uk/wtg10/importance.pdf)
- [25] Gray, P., *Psychology*, Worth Publishers, New York, 2002
- [26] Grunberg, Arnon, *Blauwe maandagen*, Nijgh& van Ditmar, Amsterdam, 1994
- [27] Hadamard, J., *The psychology of invention in the mathematical field*, Princeton University Press, Princeton, 1945
- [28] Hardy, Godfrey, *A mathematician's apology*, University Press, Cambridge, 1967
- [29] Hart, H. 't, e.a., *Onderzoeksmethoden*, Boom, Amsterdam, 1996
- [30] Heintz, Bettina, *Die Innenwelt der Mathematik, zur kultur und praxis einer beweisender disziplin*, Springer-Verlag, Wenen, 2000
- [31] ICME-6, Budapest 1988, artikelen bij topic 13: women and mathematics.  
Te vinden in een kast op het Freudenthal Instituut in Utrecht. Eigendom van Heleen Verhage.
- [32] Hoffman, Paul, *The man Who Loved Only Numbers: Erdős*, Hyperion Press, Canada (enz.), 1998
- [33] Horizon: *Fermat's Last Theorem*, televisiedocumentaire van de BBC, gemaakt door John Lynch
- [34] Hotz, F.B., *Duistere jaren en andere verhalen*, Uitgeverij de Arbeiderspers, Amsterdam, 1983

- [35] Kayzer, Wim (eindredactie van Gertjan Wallinga), *Het boek van de schoonheid en de troost*, Uitgeverij Contact, Amsterdam, 2000
- [36] Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, *De toekomst van het wiskunde-onderzoek in Nederland, Verkenningen*, Amsterdam, 1999
- [37] Landsman, Klaas, Hoe geef ik een wiskundige voordracht?, in: *Nieuw Archief voor Wiskunde*, 5<sup>e</sup> serie, deel 2, nummer 4, december 2001, blz. 351–355
- [38] Lang, Serge, *The Beauty of Doing Mathematics, Three Public Dialogues*, Springer-Verlag, New York, 1985
- [39] Langzaam tot nul, theatervoorstelling van Sanne van Rijn, Roy Peters en Taco Stolk, ZTHollandia  
Gezien 6 juni 2003 in Theater de Brakke Grond in Amsterdam.
- [40] Leeuw, A. van der, *De mythe van een jeugd*, Nijgh & Van Ditmar, Rotterdam & 's-Gravenhage, 1950
- [41] Levy, Paul, *Quelques aspects de la pensée d'un mathématicien*, Blanchard, Parijs, 1970
- [42] Livingston, Eric, *The ethnomethodological foundations of mathematics*, Routledge and Kegan Paul, Londen (etc.), 1986
- [43] McLead, D.B. en V.M. Adams, V.M. (redacteuren), *Affect and Mathematical Problem Solving, A New Perspective*, Springer-Verlag, New York, 1989
- [44] McLeod, D.B., *The Role of Affect in Mathematical Problem Solving*, in [43], blz. 20–36
- [45] Nasar, Sylvia, *A beautiful mind, a biography of John Forbes Nash*, Simon & Schuster, New York, 1998
- [46] 39<sup>e</sup> Nederlands Mathematisch Congres, Nijmegen, 1 mei 2003
- [47] Otte, M., *Mathematiker über die Mathematik*, Springer-Verlag, Berlijn (enz.), 1974
- [48] P, Drs. en Kool, Marjolein, *Wis-en natuurlyriek, met chemisch supplement*, Nijgh & van Ditmar, Amsterdam 2001
- [49] Pappas, Theoni, *The joy of mathematics*, Wide World Publishing/Tetra, San Carlos, Californië, 1989
- [50] Peters, W.A.M., *Sociaal-emotionele problematiek bij hoogbegaafde kinderen*, Nijmegen, 2001  
Te vinden op internetpagina [www.socsci.kun.nl/psy/cbo/handouts](http://www.socsci.kun.nl/psy/cbo/handouts)
- [51] Picker, Susan H. en Berry, John S., Investigating pupils' images of mathematicians, in: *Educational Studies in Mathematics*, Kluwer Academic Publishers, Nederland, 2001, nummer 43, blz. 65–94

- [52] Poincaré, H., *The foundations of science*, Science Press, Lancaster, 1946  
Oorspronkelijke titel: Science et méthode
- [53] Raussen, Martin en Skau, Christian, Interview met Jean-Pierre Serre, in:  
*Newsletter European Mathematical Society*, september 2003, issue 49, blz. 18-20
- [54] Reid, Constance, *Hilbert*, Springer-Verlag, New York (etc.), 1970
- [55] Reid, Constance, *Richard Courant 1888–1972, Der Mathematiker als Zeitgenosse*, Springer-Verlag, Berlijn (etc.), 1979
- [56] Reid, Constance, *Neyman – from life*, Springer-Verlag, New York (etc.), 1982
- [57] Rosser, J. Barkley, Mathematics and Mathematicians in World War II, in: *Notices AMS* 29-6, oktober 1982, blz. 509–515
- [58] Rota, Gian-Carlo, The phenomenology of mathematical beauty, in: *Synthese*, Kluwer Academic Publishers, Nederland, serie III, 1997, blz. 171-182
- [59] Silver, Edward en Metzger, Wendy, *Aesthetic Influences on Expert Mathematical Problem Solving*, in [43], blz. 59–74
- [60] Silverman, Joseph H. en Tate, John, *Rational Points on Elliptic Curves*, Springer-Verlag, New York (etc.), 1991
- [61] Singh, Simon (vertaling Mea Flothuis), *Het laatste raadsel van Fermat*, Uitgeverij de Arbeiderspers, Amsterdam, 1997  
Oorspronkelijke titel: Fermat's Last Theorem
- [62] Spitters, Bas, Simon Stevin - die vermaerde wiskonstenaer, naar aanleiding van een lezing van Teun Koetsier op 10 oktober 1998 voor de alumni wiskunde van de Katholieke Universiteit Nijmegen.  
Gepubliceerd op internetpagina [www-wortel.sci.kun.nl](http://www-wortel.sci.kun.nl)
- [63] Terlouw, Jan, *De Derde kamer*, L.J. Veen-Ede, Ede, 1979
- [64] Tobias, Sheila, *Overcoming math anxiety*, W.W. Norton & Company, New York, 1993
- [65] Veen, P. van en Sijs, N. van der, *Etymologisch woordenboek*, Van Dale Lexicografie, Utrecht / Antwerpen, 1989
- [66] Vereniging van Universiteiten (VSNU), *Onderwijsvisitatie wiskunde*, Utrecht, 2002
- [67] Verhulst, Ferdinand, Grijze muis of geniale gek?, in: *Nieuw Archief voor Wiskunde*, vijfde serie, deel 2, nummer 2, juni 2001, blz. 162–165
- [68] Wilson, Janele L. en Latterell, Carmen M., Nerds? Or nuts? Pop culture portrayals of mathematicians, in: *A Review of General Semantics*, ETC, zomer 2001

- [69] Wilting, G.A., *Motieven om (niet) wiskunde te gaan studeren, de kijk van bleerlingen uit 6 vwo op de wiskundestudie*, Groningen, 1994, afstudeerscriptie
- [70] Woolfe, Sue (vertaling Annelies Eulen), *Wiskundige moeders*, Vassallucci, Amsterdam, 1999  
Oorspronkelijke titel: *Leaning towards Infinity*
- [71] Zdenek, Marilee (vertaling Toon Pieterse), *Intuïtie en creativiteit, training van gevoel en fantasie*, Bosch & Keuning nv, Baarn, 1986  
Oorspronkelijke titel: *The Right-Brain Experience*
- [72] Zeeman, Michael, *Toekomstmuziek*, De Bezige Bij, Amsterdam, 1993