



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Ik begreep er niets van - het leek wel algebra

Aaten, A.B.

Citation

Aaten, A. B. (2007). *Ik begreep er niets van - het leek wel algebra*.

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [License to inclusion and publication of a Bachelor or Master thesis in the Leiden University Student Repository](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3597510>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Ik begreep er niets van - het leek wel algebra



Doctoraalscriptie van Aaltje Berendina Aaten
Presentatie en verdediging: 6 juni 2007

Afstudeerbegeleiders:
Dr. C.G. Zaal (Universiteit van Amsterdam)
Drs. P.M.G.M. Kop (Universiteit Leiden)

Mathematisch Instituut
Universiteit Leiden

Doctoraalscriptie Wiskunde
Communicatie/Educatie-variant

Aaltje Berendina Aaten
6 juni 2007

Examencommissie:
Prof. dr. H.W. Lenstra
Dr. C.G. Zaal
Drs. P.M.G.M. Kop
Prof. dr. P. Stevenhagen
Dr. H. Finkelberg

Mathematisch Instituut
Universiteit Leiden

De afbeelding op de voorkant is afkomstig van de website www.norwichpublicschools.org.
De titel is een citaat uit de autobiografie *Mijn vrijheid* van Ayaan Hirsi Ali. Ze maakt daarin een vergelijking tussen de door haar onbegrepen omgeving en wiskunde:

‘Het landschap zag eruit als het lesmateriaal bij geometrie of natuurkunde, waarin alles uit rechte lijnen bestond en perfect en nauwkeurig moest zijn. De gebouwen waren kubussen en driehoeken, en ze gaven me een bijna beangstigend gevoel. De letters op de richtingborden leken Engels, maar ik begreep er niets van - het leek wel algebra. [...] Ik voelde me een vreemdeling.’
- uit: *Mijn vrijheid*, Ayaan Hirsi Ali

Samenvatting

Deze scriptie is het eindresultaat van mijn afstudeeronderzoek ter afsluiting van mijn doctoraalstudie Wiskunde, richting Communicatie en Educatie, aan de Universiteit Leiden. Vanuit mijn persoonlijke ervaringen met tegenslagen en negatieve emoties tijdens de wiskundebeoefening heb ik besloten onderzoek te doen naar welke leeractiviteiten universitaire wiskundestudenten ontplooiën in hun studie, welke gedachten en emoties opspelen als de studenten tegenslagen ervaren en hoe zij daarmee omgaan. Om inzicht te krijgen in de samenhang tussen de uitkomsten heb ik gekeken of de door mij onderzochte wiskundestudenten op basis van de gevonden gegevens te categoriseren zijn.

Ik ben begonnen met literatuuronderzoek naar onderwerpen als wiskundeangst en wiskunde leren. Vervolgens heb ik, om een beeld te krijgen van de ervaringen van universitaire wiskundestudenten, interviews afgenomen van een twaalfstal wiskundestudenten van de Universiteit Leiden. Daarna heb ik de indrukken die ik uit deze interviews opgedaan heb, verwerkt in vragenlijsten en deze laten invullen door 153 wiskundestudenten van de Universiteit Leiden, de Technische Universiteit Delft en de Universiteit van Amsterdam. Door middel van kwalitatieve analyse van de interviews en statistische analyse van de antwoorden op de vragenlijsten heb ik de gegevens onderzocht ter beantwoording van de onderzoeksvragen.

Hoe studeren wiskundestudenten?

Wiskundestudenten ontplooiën een grote variatie aan activiteiten om zich wiskunde eigen te maken. Zij maken hierbij gebruik van aangereikte media als (hoor- en werk-)colleges en de voorgeschreven boeken en duidelijk in mindere mate van activiteiten die meer initiatief vergen, zoals het zelf maken van overzichten, eigen voorbeelden uitwerken en zich vragen stellen over de stof. Opvallend is de rol van de medestudent in de wiskundestudie: studenten geven aan het prettig te vinden samen te werken en daardoor de stof beter te begrijpen.

Hoe ervaren wiskundestudenten tegenslagen en hoe gaan ze daar mee om?

Ook onder wiskundestudenten komen tijdens de wiskundebeoefening negatieve gedachten en gevoelens voor zoals het zich zorgen maken over de haalbaarheid van het vak, twijfelen over de eigen capaciteiten, in de stress schieten omdat de stof maar niet begrepen wordt, geïrriteerd raken omdat een opgave niet lukt en zich onzeker voelen bij het niet kunnen volgen van een college. Dat deze negatieve gedachten en gevoelens de wiskundestudenten niet volledig belemmeren in de wiskundebeoefening, komt door de rationele wijze waarop er mee omgegaan wordt. Wiskundestudenten relativeren de situatie of onderdrukken de negatieve gevoelens, beseffende dat deze niet constructief zijn.

Een aantal aspecten is mij bijzonder opgevallen:

Samenwerken: Studenten geven aan dat samenwerken zowel bijdraagt aan een beter begrip van de stof als aan vermindering van de negatieve gedachten en gevoelens.

Locatie: Ondanks de voordelen van samenwerken, geven studenten de voorkeur aan een studieplek waar ze in alle rust na kunnen denken.

Hiërarchie: Onder wiskundestudenten is een hiërarchie die voor iedereen duidelijk is. De positie in deze hiërarchie bepaalt mede of de student zich zorgen maakt als hij/zij de stof niet begrijpt.

Doorzetten: Hard werken en verschillende manieren gebruiken is noodzakelijk om de wiskundige theorie te begrijpen en de opgaven te kunnen oplossen. Echter, op tijd pauzeren of hulp inroepen wordt ook belangrijk gevonden, omdat het voor een frisse kijk op de stof zorgt en voorkomt dat er belemmerende emoties zoals bijvoorbeeld frustraties ontstaan.

Moeilijk: Alle wiskundestudenten vinden wiskunde moeilijk. Dit komt doordat ‘je wiskunde zo moeilijk kunt maken als je wilt’.

Inzicht: Inzicht is iets wat je kunt ontwikkelen; slechts de helft van de wiskundestudenten zegt over een wiskundeknobbel te beschikken. Een beeld bij de stof hebben is nodig om de stof leuk te vinden. Een goede werkhouding wordt door studenten minstens zo belangrijk gevonden als talent.

Doorzetten en discipline: Wiskundestudenten vinden de wiskundestudie uitdagend, interessant, lastig en tijdrovend.

Ploeteren: Lang doorgaan met een stukje wiskunde of een opgave vinden de door mij geïnterviewde wiskundestudenten contraproductief.

Ook heb ik de verschillende groepen uit de door mij onderzochte populatie wiskundestudenten met elkaar vergeleken. Ik heb daarbij onderscheid gemaakt tussen mannelijke en vrouwelijke wiskundestudenten, de bachelor- en masterstudenten, studenten die van zichzelf zeggen dat ze ondergemiddeld, gemiddeld of bovengemiddeld goed in wiskunde zijn en de studenten van de drie verschillende universiteiten. Deze vergelijkingen hebben de volgende opvallende resultaten opgeleverd:

Mannelijke wiskundestudenten worden minder belemmerd door tegenslagen in de studie, doordat ze zich minder zorgen maken en minder negatieve emoties hebben. **Vrouwelijke wiskundestudenten** raken in grotere mate van slag door het niet-begrijpen van de theorie, uitleg of opgave.

Bachelorstudenten achten het belang van talent belangrijker dan van doorzetten en discipline in tegenstelling tot masterstudenten. Masterstudenten studeren harder dan bachelorstudenten, vinden het minder vreemd als ze de stof niet begrijpen, maken meer gebruik van alternatieve literatuur, maar zijn minder geneigd hulp in te roepen van docenten en medestudenten dan bachelorstudenten.

Studenten die zichzelf bovengemiddeld goed in wiskunde vinden gebruiken meer verschillende studiestrategieën, raken geïrriteerd als ze de stof niet begrijpen, maar ook uitgedaagd terwijl ondergemiddeld goede wiskundestudenten zich dan dom en/of moedeloos voelen.

UvA-studenten gebruiken meer verschillende studiestrategieën en ondernemen meer actie als ze de stof niet begrijpen. TUD-studenten hebben de meest uitgesproken voorkeur voor thuis en/of op een rustige plek studeren, maken minder gebruik van studiestrategieën die veel initiatief vergen, houden van toepassingen en niet van abstracte structuren, dit laatste in tegenstelling tot wiskundestudenten van UL en UvA.

Tot slot antwoord op de onderzoeksvraag. Zijn wiskundestudenten te categoriseren op basis van hun studiegedrag en -ervaringen? Niet echt. Doordat de verschillen geleidelijk zijn, kan er niet gesproken worden van afzonderlijke categorieën. Desalniettemin kunnen de uitkomsten van dit onderzoek waardevol zijn en inzicht geven in hoe wiskundestudenten studeren.

Inhoudsopgave

1	Wiskunde en ik	1
2	Deze scriptie en u	3
3	Voortraject	5
3.1	Zoektocht naar een onderwerp	5
3.1.1	Onderzoeksvraag	6
4	Onderzoeksmethode	9
4.1	Kader	9
4.2	Kwalitatief	9
4.2.1	Opzet en uitvoering van de interviews	9
4.2.2	Verwerking	10
4.3	Kwantitatief	11
4.3.1	Ontwikkeling van de vragenlijst	11
4.3.2	De boer op	12
4.3.3	Verwerking	12
5	Literatuur	15
5.1	Cognitie, metacognitie en affectie	16
5.1.1	Emoties en bezorgdheid	18
6	Resultaten van de interviews en vragenlijsten	21
6.1	De (Leidse) wiskundestudie	23
6.1.1	Colleges	23
6.1.2	Zelfstudie	28
6.1.3	Toetsen	36
6.2	Omgaan met negatieve ervaringen tijdens de wiskundestudie	40
6.2.1	Het college is onbegrijpelijk	40
6.2.2	Als je vastloopt tijdens zelfstudie	47
6.2.3	Het gaat niet goed op het tentamen	52
6.3	Opvallende indrukken	55
6.3.1	Samenwerken	56
6.3.2	Locatie	63
6.3.3	Hiërarchie en zelfbeeld	66
6.3.4	Is wiskunde intrinsiek moeilijk?	70
6.3.5	Wiskundig inzicht; hebben of ontwikkelen?	72
6.3.6	Discipline en doorzetten	75

6.3.7	Ploeteren of pauzeren	78
7	Relaties tussen de verzamelde data	81
7.1	Kenmerken waarop vergeleken wordt	81
7.2	Opvallende relaties tussen eigenschappen	82
7.2.1	Negatieve emoties	82
7.2.2	Uitdaging	83
7.2.3	Liefde voor abstractie of toepassing	83
7.2.4	Wiskundig zelfbeeld	83
7.2.5	De drie bezochte universiteiten	84
7.2.6	Bachelor- en masterstudenten	85
7.2.7	Is wiskunde een mannenstudie?	85
8	Conclusies	87
8.1	Beantwoording onderzoeksvragen	87
8.2	Opvallende resultaten	88
8.3	Praktijk en theorie	88
8.3.1	Studiegedrag	89
8.3.2	Wiskundeangst	89
8.3.3	Hiërarchie	89
8.3.4	Interactie tussen cognitie, metacognitie en affectie	89
8.4	Vervolg vragen	90
8.5	Aanbevelingen	91
A	Formulier voor interviews	99
B	Vragenlijsten	101
B.1	De gebruikte vragenlijst	101
B.2	Aanvullende vragenlijst	107
C	Variabelen	109
D	Uitgebreide categorisering	111
D.1	Gegevens uit de literatuur	111
D.2	Gegevens uit dit onderzoek	113
E	Statistieken	119
E.1	Bachelor versus master	119
E.2	Man versus vrouw	122
E.3	Per wiskundig zelfbeeld	129
E.4	UL, TUD en UvA	136
F	Correlatiecoëfficiënten	143
G	Studentenaantallen Wiskunde aan de Universiteit Leiden	149

Hoofdstuk 1

Wiskunde en ik

Als ik mensen in mijn omgeving vertel dat ik wiskunde studeer, wordt er vaak met ontzag gereageerd. Een typische reactie is: “wat knap dat jij wiskunde kan!” Maar, wat is dat, wiskunde kunnen? Betekent dat dat wiskundestudenten met het grootste gemak wiskundige problemen oplossen? Dat ze geen tegenslagen ervaren bij het doen van wiskunde?

Uit eigen ervaring weet ik dat het doen van wiskunde ook voor wiskundestudenten helemaal niet vanzelf hoeft te gaan. Voor mijzelf was de wiskundestudie een zware, emotionele en frustrerende bezigheid. Tijdens mijn studie wiskunde zat ik regelmatig 's avonds aan mijn bureau te ploeteren op huiswerkopgaven. Het gevoel dat ik had op momenten waarop ik de theorie ineens begreep, was geweldig, maar de perioden van onbegrip duurden soms erg lang. Het tempo van de colleges lag hoog en sommige stukken theorie waren zó lastig, dat bij mij het inzicht maar niet leek door te willen dringen. “Waarom zie ik het niet?” vroeg ik mij dan af en werd er soms flink wanhopig van. Bij mijn studiegenoten vond ik steun, zowel inhoudelijk als mentaal. Een enkeling kon de stof met onvoorstelbaar gemak opnemen, maar bij anderen ging de studie net als bij mij niet van een leien dakje. Door samen colleges te volgen, vragen te stellen aan elkaar, samen huiswerk te maken en elkaar op te bellen als je thuis niet meer uit een opgave kwam, werden vakken haalbaarder en het studeren aangenamer. Als we het huiswerk moesten inleveren werd er onderling geïnformeerd; “ben jij er nog uitgekomen?”, “Is het je gelukt het af te krijgen?” Want hoe hard we ook werkten, het oplossen van de opgaven was niet vanzelfsprekend.

Naast mijn wiskundestudie heb ik gedurende twee jaar lesgegeven op een middelbare school. Tijdens die wiskundelessen zag ik bij sommige leerlingen frustratie, wanhoop en onbegrip. Deze emoties belemmerden de leerlingen in het maken van de opgaven. Uit gesprekken met bètacollega's kwam naar voren dat deze negatieve belemmerende emoties zich meer bij wiskunde voor leken te doen dan bij andere vakken.

Deze ervaringen, als student en docent, hebben mijn interesse gewekt voor de rol van emoties en gedachten bij het leren van wiskunde en zijn uitgangspunt geweest voor dit afstudeeronderzoek.

Hoofdstuk 2

Deze scriptie en u

Deze scriptie is bedoeld voor u, wiskundedocenten, -studenten, onderwijskundigen en andere belangstellenden. Dat u deze scriptie in handen hebt, betekent waarschijnlijk dat u geïnteresseerd bent in wiskunde, in het leren van wiskunde, in wiskundestudenten of misschien gewoon benieuwd bent naar waar ik de afgelopen tijd zo druk mee geweest ben. Tijdens het schrijven heb ik vaak aan u gedacht, aan wat u interessant zou vinden te lezen. Dat heb ik in deze scriptie geprobeerd te verwerken. Ik hoop dan ook dat u het resultaat met plezier zult lezen en dat het voor u een waardevolle bron van informatie zal zijn.

De scriptie omvat zowel een beschrijving van het onderzoeksproces (zie hoofdstukken 3 en 4) als de uitkomsten van het onderzoek. Na het theoretisch kader (hoofdstuk 5) staan de resultaten beschreven in hoofdstuk 6, te beginnen met beschrijvingen van de wiskundestudie, hoe wiskundestudenten studeren en hoe zij omgaan met tegenslagen die zij tegenkomen tijdens het studeren van wiskunde. De meest opvallende onderwerpen staan aan het eind van dit hoofdstuk, in paragraaf 6.3. Bent u geïnteresseerd in verschillen en overeenkomsten tussen bijvoorbeeld de mannelijke en vrouwelijke wiskundestudenten of de studenten van de verschillende universiteiten, dan kunt u die vinden in hoofdstuk 7.

Hoofdstuk 3

Voortraject

Tijdens de eerste paar jaar van mijn studie heb ik vrijwel alleen wiskundevakken gevolgd, waarna ik gekozen heb voor de communicatie-educatierichting (CE-richting) van de wiskundestudie. Wiskunde vind ik een prachtig vak vanwege de sluitende manier van redeneren, maar na een paar jaar mij alleen met wiskunde bezig gehouden te hebben begon ik in mijn studie de link met de wereld om mij heen te missen. Daarom heb ik gekozen voor de CE-richting, waarbinnen ik de eerstegraads lerarenopleiding gevolgd heb en lesgegeven heb aan een middelbare school. Het in deze scriptie beschreven afstudeeronderzoek geldt als afsluiting van mijn opleiding.

3.1 Zoektocht naar een onderwerp

De eerste stappen in mijn zoektocht naar een onderwerp voor mijn afstudeeronderzoek zijn ingegeven door mijn ervaringen als docente wiskunde; sommige van mijn leerlingen werden soms letterlijk bang van wiskunde. Dit verschijnsel bleek in de literatuur bekend te staan als ‘math anxiety’, wiskundeangst. Ik was geboeid door de koppeling tussen wiskunde en negatieve emoties en nam wiskundeangst als uitgangspunt voor mijn onderzoek.

Naar aanleiding van neurologische onderzoeken naar wiskundeangst, kwam ik in contact met het Freudenthal Instituut in Utrecht. Daar startte op dat moment een onderzoek naar de neurologische kant van het leren van wiskunde bij (jonge) kinderen. Ik kreeg het aantrekkelijke aanbod daar een deelonderzoek van te doen, maar omdat het onderwerp te weinig aansloot bij mijn oorspronkelijke interesse van wiskunde en emotie, besloot ik er van af te zien.

Een volgend idee was te onderzoeken wat er aan wiskundeangst gedaan kan worden. In de Verenigde Staten worden wiskundeangsttrainingen gegeven en ik vroeg me af waarom in Nederland niet. Het idee was in samenwerking met een faalangsttherapeute een wiskundeangsttraining te ontwikkelen en vervolgens de training uit te proberen om het effect van de ontwikkelde training in de praktijk te zien. Dit plan bleek helaas te omvangrijk om binnen mijn afstudeeronderzoek uit te voeren.

Een ander idee was een vergelijking te maken tussen middelbare scholieren en universitaire wiskundestudenten met betrekking tot hun ervaringen met wiskundeangst. Juist de spanning tussen een wiskundebelemmerende emotie als wiskundeangst en de vrijwillige keuze van wiskundestudenten voor wiskunde maakte het tot een interessant onderwerp. Om het terrein te verkennen, ging ik aan de slag zonder een precieze onderzoeksvraag geformuleerd te hebben.

Ik verzamelde informatie door wiskundestudenten te interviewen over wiskundeangst, met wisselend succes. Tijdens het afnemen van de interviews sprak ik studenten die regelmatig problematische ervaringen hadden met wiskunde, maar ook studenten die de wiskundestudie met groot gemak doorliepen. Deze laatstgenoemde studenten vertelden weliswaar niet zoveel over angstervaringen met wiskunde, maar wèl veel andere interessante dingen over wiskundestuderen. Wat te doen? Deze informatie niet gebruiken terwijl er, zo wist ik inmiddels, eigenlijk nog maar weinig geschreven is over hoe wiskundestudenten studeren, vond ik jammer. Alleen focussen op studenten die problemen hebben met wiskunde zou een eenzijdig beeld van ‘de wiskundestudent’ geven, terwijl juist de verschillen tussen de wiskundestudenten leuke vergelijkingen op zouden kunnen leveren. Ik heb toen besloten geen middelbare scholieren meer bij het onderzoek te betrekken en mij te richten op (verschillen tussen) wiskundestudenten.

3.1.1 Onderzoeksvraag

Na een paar maanden op een vrije manier onderzoek gedaan te hebben, liep ik tegen een tweetal problemen aan. Ik had een berg aan informatie, maar nog geen definitieve onderzoeksvraag. Daarnaast ondervond ik behalve de voordelen ook de nadelen van het hebben van twee begeleiders. Chris Zaal en Peter Kop, mijn afstudeerbegeleiders, stonden mij met raad en daad bij en gaven (soms tegenstrijdige) adviezen hoe het onderzoek aan te pakken. Dit was leerzaam, maar gaf ook aanleiding tot twijfel en verwarring aan mijn kant.

Om het onderzoek en de begeleiding daarvan een duidelijker vorm te geven, zijn we gedrieën om de tafel gaan zitten en zijn er knopen doorgehakt. Dit heeft geleid tot een duidelijkere taakverdeling binnen de begeleiding en tot een bredere onderzoeksvraag, die niet puur wiskundeangst maar een bredere kijk op de ervaringen van wiskundestudenten betreft. Deze beslissingen gaven mij meer duidelijkheid, waardoor ik op een constructievere manier verder kon met mijn onderzoek.

Hoofdvraag

Zijn universitaire wiskundestudenten op basis van hun studiegedrag en -ervaringen te categoriseren?

Deelvragen

1. Welke activiteiten ontplooiën wiskundestudenten tijdens hun studie om zich wiskunde eigen te maken?
2. Welke gedachten en gevoelens hebben wiskundestudenten tijdens de wiskundebeoefening en in het bijzonder als ze tegenslagen ervaren tijdens het doen van wiskunde en hoe gaan ze daar mee om?

Het doen van onderzoek ter beantwoording van deze vragen is voor mij geen gesneden koek: binnen de wiskundestudie heb ik geleerd wiskundige problemen op te lossen en hoe andere mensen dit te leren. Een onderzoek naar de activiteiten en ervaringen van wiskundestudenten is echter een sociaal-psychologisch onderzoek en dat is iets waar ik niet voor geleerd heb. Door te lezen over onderzoeksmethodieken en er met mensen over te praten, heb ik geprobeerd een enigszins verantwoord onderzoek op poten te zetten. Mijn motivatie om ondanks de voor mij onbekende onderzoeksmethoden toch dit onderzoek te doen, is dat ik er veel van kan leren en omdat ik van mening ben dat ik door mijn eigen ervaringen met een wiskundestudie een kijk van binnenuit op de studie kan geven. Ik ben mij ervan bewust dat hier een valkuil in schuilt: door mijn persoonlijke betrokkenheid bij de

wiskundestudie heb ik extra mijn best moeten doen de gegevens van het onderzoek onbevooroordeeld te interpreteren.

Hoofdstuk 4

Onderzoeksmethode

Om antwoord te geven op de onderzoeksvragen zal ik zowel kwalitatief als kwantitatief onderzoek doen, in de vorm van interviews en vragenlijsten. Met behulp van literatuuronderzoek zal ik een kader schetsen om de gevonden informatie te structureren.

4.1 Kader

Ik heb gezocht naar literatuur om een indruk te krijgen van de verschillende aspecten die een rol spelen bij het leren van wiskunde en bij de ervaringen met tegenslagen in de wiskundebeoefening. Doordat ik in eerste instantie onderzoek wilde doen naar wiskundeangst, heb ik veel gelezen over negatieve emoties en gedachten en meer algemeen de rol van affectie bij het doen van wiskunde. Zowel met betrekking tot deze negatieve affectieve ervaringen met wiskunde als met betrekking tot het leren van wiskunde, heb ik vrijwel geen literatuur gevonden die betrekking heeft op universitaire wiskundestudenten. Daarom heb ik mijn toevlucht moeten zoeken in literatuur die algemener is of over andere groepen mensen gaat. De resultaten van mijn literatuuronderzoek staan in hoofdstuk 5.

4.2 Kwalitatief

Hoe ervaren universitaire wiskundestudenten hun studie, hoe maken ze zich wiskunde eigen, welke tegenslagen ervaren ze en hoe gaan ze daar mee om? Om antwoorden op deze vragen te krijgen heb ik wiskundestudenten geïnterviewd. In eerste instantie heb ik mij alleen gericht op de wiskundestudenten van mijn eigen universiteit, de Universiteit Leiden. Ik heb studenten van alle jaren benaderd en er specifiek op gelet ook vrouwelijke studenten (die binnen de studentenpopulatie in de minderheid zijn) te spreken. De studenten die het makkelijkst te vinden waren, waren de student-assistenten. Omdat deze studenten gemiddeld genomen goed zijn in hun studie en ik juist op zoek ben naar moeizame ervaringen met wiskunde, heb ik ook bewust gezocht naar studenten die moeite hebben met hun studie. Dit heb ik gedaan door middel van een korte vragenlijst (zie bijlage A). Ik heb op een enkele keer na bewust geen vrienden of kennissen geïnterviewd vanwege het persoonlijke karakter van de vragen.

4.2.1 Opzet en uitvoering van de interviews

De interviews heb ik afgenomen in de maanden oktober en november van 2006. Ze vonden plaats in het Mathematisch Instituut in Leiden, het gebouw waar de wiskundestudenten college hebben. Door

de interviews daar af te nemen, kostte het de geïnterviewde studenten zo min mogelijk tijd. De interviews duurden ongeveer drie kwartier en werden afgenomen in een leeg lokaal of een vergaderruimte om het interview in alle rust plaats te laten vinden en de geïnterviewde student privacy te geven. Ik heb gebruik gemaakt van opnameapparatuur, zodat ik na afloop het interview goed kon uitwerken en mij tijdens het interview niet druk hoefde te maken om aantekeningen van interessante uitspraken.

Van te voren was het plan tien tot twintig interviews te houden. Toen ik twaalf interviews afgenomen had, had ik een redelijke doorsnede van de wiskundestudentenpopulatie gesproken en leek het een goed moment om pas op de plaats te maken, met vragenlijsten te gaan werken en later nog enkele aanvullende interviews te doen. Van de twaalf door mij geïnterviewde studenten zijn er

- vier vrouwelijke en acht mannelijke studenten
- vier eerstejaars, een tweedejaars, een derdejaars en vier vierdejaars bachelorstudenten en twee masterstudenten
- vijf studenten die aangeven goede cijfers te halen, vier die moeite hebben (gehad) met de studie en drie gemiddelde studenten

De rode draad in mijn interviews was het vragen naar tegenslagen in de wiskundebeoefening, met name tijdens het maken van huiswerk en het volgen van college. Voor sommige studenten stond de studie bol van tegenslagen, andere studenten hadden er nauwelijks last van. Om mijn interviewtechnieken te verbeteren heb ik informatie ingewonnen bij mijn afstudeerbegeleiders Peter Kop en Chris Zaal, bij onderzoeker Pauline Meijer van het ICLON en in de literatuur [23].

Om de studenten te helpen bij het ophalen van herinneringen heb ik op advies van mijn begeleiders gebruik gemaakt van lijsten met negatieve gevoelens en daaraan gerelateerde gedachten en algemene wiskundige vaardigheden. Aan de hand van die lijsten vroeg ik de student te vertellen over zijn of haar ervaringen daarmee. Op advies van Pauline Meijer probeerde ik tot in detail in te zoomen op dergelijke ervaringen om zo de student de gelegenheid te geven zich goed te herinneren wat er gebeurde. Chris Zaal heeft een aantal interviews samen met mij afgenomen en heeft mij geadviseerd ook te vragen naar positieve ervaringen van studenten (wat is er leuk aan wiskunde, waar ben je goed in?). Redenen hiervoor waren aan de ene kant dat ik zo een duidelijker beeld van de student kreeg en aan de andere kant dat positieve vragen drempelverlagend konden werken voor de beantwoording van vragen over negatieve ervaringen. Daarnaast had het als voordeel dat ik op deze manier de student minder gauw zou sturen in zijn/haar uitlatingen, waar ik onbewust toe geneigd was. Ik heb de geadviseerde technieken uitgetoetst en ben tot de conclusie gekomen dat ze alle zo hun voordelen hebben. In de interviews heb ik ze dan ook afwisselend toegepast, afhankelijk van wat mij op dat moment het beste leek. Na een aantal interviews begonnen zich thema's af te tekenen die voor de studenten een rol speelden bij negatieve ervaringen. Dit zijn thema's als 'inzicht' en 'samenwerken'. In de nog uit te voeren interviews ben ik bewust naar deze thema's gaan vragen, om er een vollediger beeld van te krijgen.

4.2.2 Verwerking

Toen ik twaalf studenten geïnterviewd had, ben ik begonnen met het bestuderen en analyseren van de uitgeschreven interviews. Naast de thema's die mij tijdens het afnemen van de interviews al waren opgevallen, heb ik aan de hand van het boek *Basisboek kwalitatief onderzoek* [4] de teksten doorgewerkt op zoek naar overeenkomstige gespreksonderwerpen. Zo kwam ik er bijvoorbeeld achter dat strategieën om wiskunde te leren en strategieën om om te gaan met tegenslagen tijdens het doen van wiskunde in vrijwel elk interview naar voren kwamen. Deze onderwerpen, samen met de thema's

die ik al had, werden het skelet van mijn scriptie.

De interviews waren een rijke bron aan informatie, mede doordat het samenhangende verhalen betrof. Ik heb mij echter genoodzaakt gezien om de verhalen uit elkaar te trekken, met als doel de thema's duidelijker in beeld te krijgen. Per thema heb ik relevante citaten uit de interviews verzameld en die citaten uitgekozen die, in combinatie met de andere citaten, het beeld dat ik heb gekregen, volledig weergeven. Deze werkwijze heeft tot gevolg gehad dat van sommige interviews minder terug te vinden is dan van andere.

4.3 Kwantitatief

Tijdens het afnemen van de interviews was ik nog erg zoekende naar een onderzoeksonderwerp, waardoor de interviews zeer gevarieerd waren. Om meer richting te krijgen in mijn onderzoek adviseerden Chris Zaal en Peter Kop, mijn begeleiders, mij vragenlijsten te gaan maken. Door het maken van vragenlijsten werd ik gedwongen goed na te denken over wat ik precies wilde weten. Bijkomend voordeel was dat ik door de vragenlijsten in staat zou zijn van grote groepen studenten informatie te verzamelen en zo een beter beeld te krijgen van de algemeenheid van uitspraken uit de interviews.

4.3.1 Ontwikkeling van de vragenlijst

Het opstellen van de vragenlijsten is mij niet meegevallen. Ik wilde zoveel mogelijk informatie uit de studenten 'trekken', maar de vragenlijst kon niet te lang zijn. Een lange vragenlijst zou kunnen leiden tot een verminderde aandacht, wat ik zoveel mogelijk wilde vermijden. Dit vergde een kritische kijk op de vragen. Ik wilde vragen opnemen met betrekking tot persoonlijke gegevens, vragen om vermoedens uit de interviews te kwantificeren en vragen om in de interviews gemiste onderwerpen toch nog aan bod te laten komen. Om ervoor te zorgen dat de thema's uit de interviews voldoende terugkwamen in de vragenlijst, heb ik de vragen hierop gecontroleerd en voor de nog onderbelichte thema's extra vragen en/of antwoorden bij al bestaande vragen geformuleerd.

Chris Zaal heeft mij enkele tips gegeven om de vragenlijst interessanter te maken. Door de vragenlijst interessanter te maken voor de studenten die hem in gingen vullen, kon ik de aandacht voor de vragenlijst verhogen. Dit heeft bijvoorbeeld geleid tot een vraag over dromen. Door onderwerpen aan te snijden die relevant zijn voor mensen in het onderwijs, zou de uitkomsten interessanter maken. Tot slot heb ik enigszins prikkelende uitspraken toegevoegd, die ik ofwel in de interviews ofwel tijdens mijn studie wiskunde gehoord heb, waarvan ik benieuwd was naar hoe breed deze uitspraken onderschreven werden.

De vragenlijst is in meerdere fasen tot stand gekomen. De eerste versies heb ik laten invullen door enkele wiskundestudenten om te zien of de vragen en antwoordmogelijkheden duidelijk waren of er dingen misten of misschien niet goed werkten. Naar aanleiding hiervan zijn sommige antwoorden toegevoegd, vragen verwijderd en is de vraag van persoonlijke gegevens naar achteren gehaald. De volgorde van de vragen is zo opgebouwd dat de vragen zo logisch mogelijk op elkaar volgen, maar ook gevarieerd genoeg zijn om de aandacht van de student erbij te houden. Na een eerste, twee en derde versie van de vragenlijst, ben ik uitgekomen op een vragenlijst van vier kantjes. Het invullen leek ongeveer een kwartier duren, waardoor de vragenlijst net in een pauze van een college ingevuld zou kunnen worden.

De meeste vragen hebben voorgedrukte antwoorden gekregen, die veelal gebaseerd zijn op wat ik in

de interviews gehoord heb. De wiskundestudenten hadden de vrijheid zoveel antwoorden aan te kruisen als ze relevant achtten. Ik heb voor deze methode gekozen, omdat ik een zo waarheidsgetrouwe uitkomst wilde hebben. De vragenlijst is te vinden in bijlage B.1.

4.3.2 De boer op

De interviews heb ik alleen onder Leidse wiskundestudenten afgenomen. Met de vragenlijst wilde ik het onderzoek breder trekken en daarmee betrouwbaarder maken. Ik heb gekozen ook wiskundestudenten van de Technische Universiteit Delft (TU Delft) de vragenlijsten te laten invullen. De bacheloropleiding wiskunde aan de TU Delft is in 2003 samengegaan met die van de Universiteit Leiden, wat een vergelijking tussen deze twee opleidingen extra interessant maakt. Eén van de eerdere versies van de vragenlijst is ook onder wiskundestudenten van de UvA getest. Dit leverde zulke opvallende antwoorden op, dat ik besloten heb ook op de UvA de vragenlijst af te nemen. Vanwege praktische redenen ben ik niet bij meer universiteiten geweest.

De vragenlijsten heb ik afgenomen aan het einde van het najaarssemester. Ik ben bij colleges langsgeweest om studenten in de pauze of na afloop van het college te kunnen vragen de vragenlijst in te vullen. Vooraf nam ik per e-mail contact op met de docenten van de betreffende colleges om toestemming te vragen, wat heel soepel verliep. De docenten die ik benaderd heb, waren allen enthousiast, wilden graag meewerken en waren veelal benieuwd naar de uitkomst van mijn onderzoek. Ik heb de colleges zó uitgekozen dat ik zoveel mogelijk studenten van alle jaren van de drie universiteiten zou treffen. De masterstudenten van de UvA bleken het lastigst te vinden te zijn. De mastercoördinator van de UvA, de heer Homburg, heeft mij geholpen toch een redelijk aantal masterstudenten mijn vragenlijst te laten invullen.

In totaal heb ik per universiteit ongeveer 50 ingevulde vragenlijsten, waarvan ongeveer 40 bachelor- en 10 masterstudenten en ongeveer 30% vrouw. Behalve de masterstudenten van de UvA, zijn de vragenlijsten ingevuld door studenten die bij een college zaten. Dit zou een vertekend beeld kunnen geven, doordat de studenten die thuis studeren ontbreken in de onderzochte populatie.

4.3.3 Verwerking

De vragenlijsten hebben een enorme hoeveelheid gegevens opgeleverd. Om hier iets zinnigs over te kunnen zeggen, heb ik mij verdiept in het programma SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Dit programma heb ik ervaren als een grote goocheldoos. Een apparaat waar je gegevens in stopt, op een paar knoppen drukt en dan een antwoord krijgt. Welk antwoord dat is en wat ik er aan heb, was niet altijd direct duidelijk: als wiskundige met een praktisch statistiekprogramma werken en de uitkomsten interpreteren is voor mij dan ook geen sine cure gebleken. Voor deze scriptie heb ik voornamelijk gebruik gemaakt van de frequenties van de gegevens en die resultaten gekoppeld aan de thema's zoals die uit de interviews voortkwamen. Daarnaast heb ik ook gekeken naar correlaties, dat wil zeggen verbanden, tussen enkele eigenschappen. Na enig geworstel met de verschillende mogelijkheden van SPSS, heb ik gekozen voor de correlaties de volgende functies te gebruiken:

- Pearson's χ^2 test om te bepalen of gevonden relaties en verbanden statistisch significant¹ zijn.
- Spearman's ρ om de mate van correlatie tussen de variabelen (met een getalswaarde) te bepalen, omdat deze test uitgaat van de rangorde en niet van de verdeling van de meetwaarden,

¹Significant wil zeggen dat de kans klein is dat de gevonden verschillen door toeval komen in plaats van door echte verschillen in de gehele populatie.

waardoor hij toepasbaar is ongeacht de verdeling² van de meetwaarden.

- Cramer's ϕ voor de mate van correlatie tussen groepen (waar een student wél of níet toe behoort), omdat hij bruikbaar is voor tabellen van verschillende grootte
- η voor de mate van correlatie tussen groepen en variabelen

Tijdens het schrijven van deze scriptie bleek dat een werkcolleges en tentamens zeer weinig aan bod waren gekomen, zowel in de interviews als in de vragenlijsten. Om ook deze aspecten te kunnen beschrijven, heb ik een tweede, korte, vragenlijst gemaakt (zie bijlage B.2) en deze verstuurd naar de studenten die hun contactgegevens op de eerste vragenlijst hadden ingevuld. Het betrof 86 studenten, waarvan er 39 de vragenlijst ingevuld hebben.

²De door mij gedefinieerde variabelen zijn niet normaal verdeeld (blijkt uit SPSS's Normal Probability Plot), waardoor Pearson's χ^2 -test niet toepasbaar is.

Hoofdstuk 5

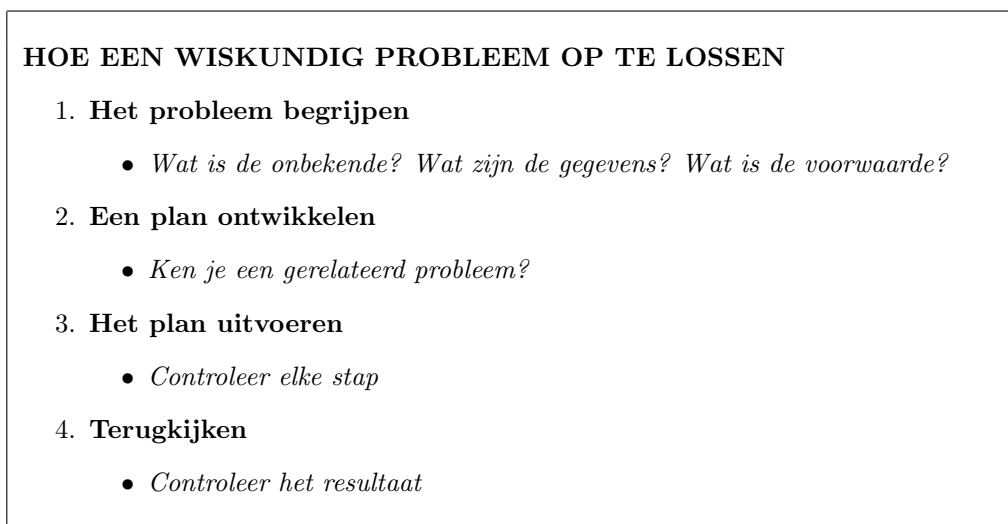
Literatuur

De onderwerpen waar ik naar gezocht heb in de literatuur zijn het leren en doen van wiskunde en de gedachten en gevoelens die zich daarbij voor kunnen doen. Ik heb helaas weinig informatie gevonden met betrekking tot hoe wiskundestudenten studeren en hoe zij tegenslagen ervaren. Daarom heb ik ook gezocht naar literatuur dat zou kunnen dienen als achtergrondinformatie voor mijn onderzoek. Dit heeft zowel opsommingen van abstracte en meer concrete aspecten opgeleverd als theorieën over deze aspecten. Ik zal een kader schetsen om daarbinnen de in de literatuur beschreven concrete aspecten een plaats te geven.

5.1 Cognitie, metacognitie en affectie

In het boek *Onderwijskunde* van Verloop [31] worden de activiteiten van de student tijdens het leren ‘leeractiviteiten’ genoemd en onderverdeeld in cognitieve, affectieve en metacognitieve leeractiviteiten, waarbij cognitieve activiteiten betrekking hebben op het leren zelf, affectieve activiteiten de gevoelsmatige kant van het leren betreffen en metacognitieve activiteiten over het reguleren van het leren door de student zelf gaan (zie figuren 5.2, 5.3 en 5.4). In navolging van Illeris [15], die naast de affectieve en cognitieve component van het leren, de rol van de omgeving benadrukt, zal ik ook omgevingsaspecten meenemen.

Over het leren van specifiek wiskunde heb ik helaas geen literatuur gevonden, maar wel over het doen van wiskunde, in het bijzonder over ‘probleem oplossen’. Pólya [22, p. xvi] heeft een stappenplan beschreven (zie figuur 5.1) en Schoenfeld [25, p. 15] geeft een opsomming van aspecten die een rol spelen bij probleem oplossen. De door Pólya en Schoenfeld genoemde stappen en aspecten heb ik in figuur 5.2 en figuur 5.3 ondergebracht bij de betreffen cognitieve en metacognitieve leeractiviteiten. Daar affectieve aspecten bij Pólya en Schoenfeld nauwelijks aan bod komen, zal ik daarvoor andere literatuur gebruiken.



Figuur 5.1: Stappenplan voor oplossen van problemen. Samengevat uit: *How to solve it* van Pólya [22, p.xvi]

Cognitieve leeractiviteiten	Voorbeeldaspecten met betrekking tot probleem oplossen
• <i>verbanden leggen</i>	je afvragen of je een gerelateerd probleem kent, onderzoeken van gerelateerde problemen herformuleren van het probleem
• <i>structureren</i>	het probleem begrijpen door je af te vragen ‘Wat is de onbekende? Wat zijn de gegevens? Welke voorwaarde moet er gelden?’
• <i>analyseren</i>	tekenen van plaatjes, informele kennis over het onderwerp, intuïties hebben
• <i>zich concrete voorstellingen vormen</i>	algoritmen, routineprocedures kunnen toepassen
• <i>toepassen</i>	feiten weten
• <i>memoriseren</i>	de regels die gelden in het vakgebied begrijpen
• <i>kritisch nadenken over de stof</i>	
• <i>onderscheiden van hoofd- en bijzaken</i>	

Figuur 5.2: Overzicht van cognitieve leeractiviteiten uit *Onderwijskunde* [31, p.153-156] met aspecten genoemd door Pólya [22, p.xvi] en Schoenfeld [25, p.15]

Metacognitieve leeractiviteiten	Voorbeeldaspecten met betrekking tot probleem oplossen
• <i>oriënteren</i>	introduceren van een passende notatie, keuzes maken
• <i>plannen</i>	een plan ontwikkelen, achterwaarts werken, keuzes maken
• <i>proces bewaken</i>	het plan uitvoeren, elke stap controleren
• <i>controleren of de leerdoelen bereikt zijn</i>	terugkijken, controleer het resultaat, gebruiken van controleprocedures, beoordelen
• <i>vaststellen van gaten in kennis en vaardigheden en onderzoeken van oorzaken van moeilijkheden of successen</i>	gebruiken van controleprocedures
• <i>bijsturen</i>	gebruiken van controleprocedures, keuzes maken
• <i>evalueren</i>	beoordelen
• <i>reflecteren</i>	beoordelen

Figuur 5.3: Overzicht van metacognitieve leeractiviteiten uit *Onderwijskunde* [31, p.153-156] met aspecten genoemd door Pólya [22, p.xvi] en Schoenfeld [25, p.15]

De affectieve kant van de wiskundebeoefening blijft bij Pólya volledig buiten beschouwing. Schoenfeld noemt als enige affectieve aspect in het probleem oplossen, de overtuigingen van de student; het beeld dat hij/zij heeft van zichzelf, de omgeving, het specifieke onderwerp en wiskunde in het algemeen. Affectie in de wiskundebeoefening krijgt wel volop aandacht in de literatuur over ‘math anxiety’. Wiskundeangst heeft in de jaren '70 van de vorige eeuw bekendheid gekregen, met name door Tobias [30], en is door Richardson en Suinn (zie Evans, [8, p.49]) gedefinieerd als ‘involving feelings of terror and anxiety that interfere with the manipulation of numbers and the solving of math problems in a wide variety of situations’. Een verklaring van de belemmering die wiskundeangst vormt voor het doen van wiskunde wordt gegeven door Ashcraft [3] die stelt dat door de negatieve gevoelens en gedachten het werkgeheugen niet meer vrij is om goed na te kunnen denken. In de volgende paragraaf zal ik de rol van negatieve gedachten en emoties bij de beoefening van wiskunde meer toelichten.

5.1.1 Emoties en bezorgdheid

Door verscheidene onderzoekers (o.a. Ho [14], Wigfield en Meece, [32]) wordt onderscheid gemaakt tussen affectieve en cognitieve wiskundeangst met verschillende impact op de wiskundebeoefening. Met affectieve wiskundeangst wordt bedoeld op negatieve emoties; nervositeit, spanning, angst, lichamelijke spanning. Deze emoties correleren negatief met de wiskundige prestaties en de perceptie en verwachtingen van de student ten opzichte van zijn of haar wiskundige capaciteiten en prestaties. Cognitieve wiskundeangst betreft negatieve gedachten of ‘bezorgdheid’; negatieve verwachtingen, negatieve (zichzelf naar beneden halende) gedachten over problematische situaties met wiskunde. Deze bezorgdheid correleert positief met het belang dat gehecht wordt aan wiskunde en de door de student aangegeven mate van inzet. Er wordt gesuggereerd dat bezorgde gedachten alleen een positief effect hebben als ze gericht zijn op (twijfel over) *goed* presteren. Als de bezorgde gedachten gericht zijn op *slechte* prestaties, op mogelijk falen, dan zouden ze juist een negatief effect hebben op de prestatie.

Naar aanleiding van deze bevindingen, heb ik de affectieve leeractiviteiten in figuur 5.4 verdeeld in activiteiten die te maken hebben met emoties, gedachten die gericht zijn op zichzelf respectievelijk de studietaak. Ter illustratie heb ik in figuur 5.4 voorbeeldaspecten opgenomen die een rol spelen bij de affectieve leeractiviteiten. Deze aspecten komen uit onderzoeken naar wiskundeangst en meer algemene vormen van affectie (bijvoorbeeld ‘houding’) ten opzichte van wiskunde, met name onder scholieren en niet-wiskundestudenten (o.a. Hembree [13], Tobias [30], Hannula [11], Lee [16], Bus, [7]).

Affectieve leeractiviteiten	Voorbeeldaspecten van affectie ten opzichte van wiskunde
<ul style="list-style-type: none"> • <i>positieve emoties opwekken en omgaan met negatieve emoties</i> 	<p>Vertrouwen hebben in de eigen intuïtie en ideeën, schaamte, bang zijn, opzien tegen de stof, nerveus zijn, onzekerheid, machteloosheid, vertrouwen hebben in het leren van wiskunde.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>toeschrijven van resultaten aan oorzakelijke factoren</i> • <i>zichzelf beoordelen</i> • <i>opbouwen van verwachtingen</i> 	<p>Talent, vooropleiding, beschikbare tijd, kwaliteit van het onderwijs</p> <p>Het beeld dat studenten hebben van hun kunnen en prestaties ten opzichte van anderen, ideeën en overtuiging en houding van de omgeving ten opzichte van wiskunde en ten opzichte van de student</p> <p>Het beeld dat iemand heeft van zichzelf, de omgeving, het onderwerp en wiskunde, met betrekking tot de haalbaarheid, het niveau, wiskunde als eenzame activiteit</p>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>motiveren</i> • <i>concentreren</i> • <i>bepalen van de waarde van een taak</i> • <i>inspannen</i> 	<p>Doorzettingsvermogen, nieuwsgierigheid, uitdaging in het leren. Het beeld dat iemand heeft van de omgeving, het onderwerp en wiskunde</p> <p>Mentale blokkades met symptomen als hoofdpijn en gespannen spieren, Afleiding</p> <p>Het nut en doel van wiskunde, het belang van goed zijn in wiskunde, ideeën en overtuiging en houding van de omgeving ten opzichte van wiskunde</p> <p>Activiteiten als een strategie bedenken, zich een beeld vormen, op een systematische manier een vraag beantwoorden, vergen verschillende mate van inspanning, waarbij de cumulatieve opbouw van de wiskunde een verzwarende factor is</p>

Figuur 5.4: Overzicht van affectieve leeractiviteiten uit *Onderwijskunde* [31, p.153-156], met voorbeeldaspecten uit de literatuur, o.a. Hembree [13], Tobias [30], Hannula [11], Lee [16], Bus, [7].

Het onderscheid zoals ik dat gemaakt heb in figuur 5.4 is gebaseerd op het verschil tussen emoties en gedachten. Deze onderverdeling is relevant, omdat volgens McLeod ([11]) de meer cognitieve aspecten van de affectie ten opzichte van wiskunde (door hem aangeduid met houding en overtuiging) in vergelijking tot emoties, weinig veranderlijk zijn.

Een goed voorbeeld van hoe overtuiging een rol speelt in de wiskundebeoefening is van Verloop ([31, p. 158]) en betreft de houding van studenten ten opzichte van hun successen of faalervaringen. Hij noemt dit affectieve patronen. Een gunstig affectief patroon betekent dat de student succeservaringen aan de eigen capaciteiten toeschrijft en faalervaringen aan een slechte werkhouding of pech. Een ongunstig affectief patroon houdt het omgekeerde in; de succeservaringen zijn een gevolg van geluk, terwijl de faalervaring veroorzaakt wordt door een gebrek aan bekwaamheid. Deze verschillende patronen hebben invloed op de houding van de student ten opzichte van de studie; een gunstig affectief patroon maakt dat de student met vertrouwen aan de studietaak begint, terwijl een ongunstig affectief patroon tot gevolg heeft dat voor de student een nieuwe leersituatie gepaard gaat met negatieve gevoelens en gedachten als onzekerheid en spanning. Volgens Tobias [30] zijn deze verschillende houdingen toe te wijzen aan mannen respectievelijk vrouwen, zie figuur 5.5.

	Succes	Falen
Jongens	Capaciteiten	(Niet genoeg) inspanning
Meisjes	Inspanning (soms geluk)	(Niet genoeg) capaciteiten

Figuur 5.5: Hoe succes en falen door jongens en meisjes aan verschillende oorzaken toegewezen worden, uit *Overcoming Math Anxiety* van Tobias [30]

In mijn onderzoek zal ik de hier besproken verschillende typen leeractiviteiten te benoemen. De cognitieve en metacognitieve leeractiviteiten zal ik aanduiden als *studiegedrag*. Dit sluit aan bij de eerste onderzoeksvraag over welke leeractiviteiten studenten ontplooiën in hun wiskundestudie. De affectieve leeractiviteiten zal ik aanduiden als *affectie*, dat aansluit bij de tweede onderzoeksvraag over de gevoelens en gedachten tijdens (tegenslagen in) de wiskundestudie en hoe daar mee om te gaan. Ik zal niet alleen de activiteiten van de studenten zelf, maar ook andere relevante bevindingen benoemen om zo een vollediger beeld te schetsen.

Hoofdstuk 6

Resultaten van de interviews en vragenlijsten

Een ervaring van mijzelf:

Ik lag in bed in mijn studentenkamer. Het was al licht. Ik had geen wekker gezet, want het was weekend. De avond daarvoor had ik hard gewerkt aan mijn algebrahuiswerk. Ik kwam niet uit een bewijs en ben uiteindelijk maar naar bed gegaan. Terwijl ik wakker lag te worden, realiseerde ik mij dat ik het wist! Ik ging linea recta uit bed aan mijn bureau zitten, pakte pen en papier en schreef als een bezetene, bang de oplossing weer te vergeten. Onder het genot van een boterham schreef ik het bewijs helemaal uit en begon voldaan aan de dag.

Wakker worden met wiskunde. Het overkomt mij niet alleen: 40% van de ondervraagde wiskundestudenten geeft aan wel eens met de oplossing van een opgave in het hoofd wakker te worden, 7% heeft dat zelfs regelmatig of vaker. Ook 's nachts laat wiskunde de wiskundestudenten niet los; bijna de helft van de wiskundestudenten geeft aan soms of vaker over wiskunde te dromen. Waarover dromen zij? Hieronder antwoorden van wiskundestudenten:

Wiskundestudenten dromen over hun studie

Over studeren, college, huiswerk, bewijsopgaven, berekeningen, integralen, priemgetallen, pi, beslissonde, algebra, homeomorfismen, Galois-theorie, matrices, bepalen van basisvectoren, Jordan-Normaal vorm, bewijzen van Wilson's stelling, Fourrierreeksen, tentamen Analyse 1.

...over moeilijkheden in de studie

Moeilijke sommen, opgave waar ik heel lang aan gewerkt heb, zakken voor of halen van een tentamen, onhaalbare deadline.

...over leuke dingen in de studie

Stelling bewezen hebben, dat ik een heel moeilijk probleem oplos.

...over wiskunde in de normale wereld

Wiskunde gerelateerd met het echte leven, werken, dagdromen; dan zie ik wiskunde in de omgeving, schaken, dat ik abstracte en concrete dingen door elkaar halen; functies lijken dan net zo concreet als tafels of mensen of auto's, complexe getallen op je telefoon.

... over sociale zaken

Samenwerking bij afstuderen, leuke mannen van de studie, over een onderzoeker in de wiskunde.

Maar ook tijdens nachtmerries van wiskundestudenten, komt hun vak naar boven:

Nachtmerries over de wiskundestudie

Symbolen en formules die zich telkens maar herhalen, opgaven waar ik niet uitkom, opgaven die niet lukken, onopgeloste problemen, nachtmerries over algebra, berekeningen die niet uitkomen (als ik misselijk ben), nachtmerries over tangens (als ik ziek ben)

In dit hoofdstuk zal ik zowel de wiskundestudie zelf beschrijven als de ervaringen van studenten, waarbij ik ook aandacht besteed aan de 'nachtmerries', de tegenslagen die wiskundestudenten tegen kunnen komen in hun studie en hoe zij daar mee omgaan. Ik combineer hierbij de informatie uit de interviews en de vragenlijsten en vul het aan op basis van mijn eigen ervaringen als wiskundestudent.

6.1 De (Leidse) wiskundestudie

Doordat ik de wiskundestudie beschrijf zoals ik die uit eigen ervaring ken, gaat het specifiek over de wiskundestudie in Leiden. Deze beschrijving kan niet gegeneraliseerd worden voor alle wiskundestudies, maar geeft wel een indruk van wat een wiskundestudie is. De gegevens uit de vragenlijsten zijn van meerdere universiteiten (de Universiteit Leiden, de Technische Universiteit Delft en de Universiteit van Amsterdam), waardoor zij een breder draagvlak hebben.

6.1.1 Colleges

Het rooster van een Leidse wiskundestudent bestaat uit hoorcolleges en werkcolleges, beide niet verplicht. Er zijn practica om te leren programmeren, maar discussiegroepen ontbreken. Dit hangt samen met de aard van het vak; wiskunde is een theoretisch en objectief vakgebied. De colleges vinden in principe plaats in het Mathematisch Instituut, waar de lokalen ruimte bieden aan 25 tot 35 studenten en voorzien zijn van een schoolbord, een overhead projector en soms een beamer. Eerstejaarscolleges worden ook wel gecombineerd met andere bètastudies of de opleiding Technische Wiskunde van de Technische Universiteit Delft. In dat geval vinden de colleges plaats in het Gorlaeus Laboratorium, waar collegezalen voor een paar honderd studenten zijn, of aan de TU Delft.

Een hoorcollege bestaat in de regel uit twee blokken van 45 minuten, onderbroken door een kwartier pauze. Tijdens een hoorcollege legt de docent de stof uit door de theorie op het bord te schrijven en daarbij te vertellen. Studenten maken aantekeningen, luisteren naar de docent en stellen soms vragen. De meeste colleges zijn dus weinig interactief. In vergelijking met de lessen op de middelbare school vergen de colleges veel concentratie: waar op het VWO vaak hooguit 20 minuten geconcentreerd geluisterd hoeft te worden, is dat aan de Universiteit Leiden kort na elkaar twee keer 45 minuten.

Tijdens werkcolleges worden huiswerkopgaven gemaakt door de studenten. Ze kunnen vragen stellen aan de werkgroepdocent, vaak een promovendus. Er worden door de werkgroepdocent ook opgaven voorgemaakt op het bord en studenten overleggen over de theorie en de opgaven. Werkcolleges vragen dus meer activiteit van de studenten dan de hoorcolleges. Werkcolleges bestaan vaak ook uit twee blokken van 45 minuten, hoewel hier soms lossier mee omgegaan wordt: studenten pauzeren als ze dat willen en gaan naar huis als ze klaar zijn.

Het collegejaar bestaat uit twee semesters. Dit zijn relatief korte perioden, van september tot half december en van februari tot half mei, waarin de colleges gegeven worden en eventueel huiswerk ingeleverd moet worden. Gedurende de weken aansluitend aan de collegeperioden wordt er elke week één tentamen afgenomen. Deze spreiding is overigens niet bij elke universiteit zo expliciet. Naarmate de student vordert in zijn studie, worden meer vakken mondeling getentamineerd.

Na de driejarige bachelorfase volgt de tweejarige masterfase, waarin een deel van de vakken landelijk aangeboden wordt. Dit betekent dat masterstudenten één of meerdere dagen per week aan een andere universiteit college volgen. De roosters zijn daarin zoveel mogelijk op elkaar afgestemd. Ook is in de masterfase de scheiding tussen hoor- en werkcolleges minder duidelijk of ontbreken de werkcolleges zelfs helemaal.

Hoorcolleges; luisteren of liever zelf lezen?

Wat vinden studenten van de colleges? Zijn de hoorcolleges belangrijk, onmisbaar en van toegevoegde waarde of bestuderen studenten liever zelf de theorie? De door mij geïnterviewde wiskundestudenten

zeggen hierover het volgende:

‘Ik kan van Analyse niet alle colleges volgen, dus moet ik soms thuis de theorie nog doorlezen. Ik vind het fijner als ik gewoon het college heb gevolgd, de theorie passief op hebben kunnen nemen, dan dat ik het zelf drie keer moet lezen voordat ik het begrijp. Het is wel belangrijk dat de docent tijdens college tijd geeft om over de stof na te denken en vragen te stellen. Ik vind het daarom fijn in een kleine groep college te krijgen: ik stel dan sneller vragen, schaam me dan minder, ook al vraag ik iets heel doms.’ - *Wendy*

‘Er is bij wiskunde nauwelijks interactief college over gelezen stof. Tijdens college worden nieuwe methoden aangereikt en uitgelegd, wat ik ook wel begrijp als ik niets voorbereid heb. Ik leer het beste door te luisteren in de les en er daarna nog even over na te denken. Leren door te lezen gaat veel lastiger. Ik onthoud de stof dan als feiten, maar begrijp niet echt waar het om gaat.’ - *Jacob*

‘Naar de colleges van Statistiek ben ik maar één keer heengeweest en naar Numerieke Wiskunde ging ik op den duur ook niet meer. Bij Statistiek gaf de docente niet zo goed les; ze praatte heel zachtjes en tegen het bord. Ze schreef voornamelijk de theorie op het bord en dan dacht ik: ‘dat kan ik ook wel in het boek gaan nalezen.’ - *Peter*

‘Ik vond het geen leuk onderwerp en het hielp ook niet dat de docent ontzettend saai vertelde. Hij schreef ook altijd precies op wat er in het dictaat stond dus het college volgen was niet zo heel nuttig. Op een gegeven moment ben ik gestopt de colleges te volgen en ben ik het dictaat maar gaan lezen. Helaas was het dictaat ook lastig te begrijpen.’ - *Birgit*

Uit de interviews blijkt dat het volgen van een college niet voor de hand liggend is. Als het college slecht gegeven wordt, kan dat aanleiding zijn niet meer naar college te gaan. Als een college goed gegeven wordt, vinden de ondervraagde wiskundestudenten college volgen een prettige manier om de stof te bestuderen. De antwoorden op de vragenlijsten geven ook het belang aan dat wiskundestudenten hechten aan college volgen: 75% van de studenten heeft aangegeven dat college volgen voor hun een manier is om zich wiskundige theorie eigen te maken. Aantekeningen maken tijdens college wordt door 56% van de wiskundestudenten genoemd (zie tevens figuur 6.3).

Goede colleges

De waardering van studenten voor de colleges verschilt per student, vak en docent. Een goed college wordt echter goed gewaardeerd:

‘Ik ben eerst begonnen bij natuurkunde en ben een paar keer met een vriend meegegaan naar college Caleidoscoop. Toen dacht ik ‘Hee, dit wil ik ook gaan volgen, dit vak’. Die docent heeft me echt gemotiveerd om wiskunde te gaan studeren. Ten eerste kan hij goed vertellen, duidelijk vertellen, waardoor je het goed kan volgen. Ten tweede behandelde hij een leuk vak, Caleidoscoop. Het was heel gevarieerd; je zag in dat ene college een heleboel dingen, wat ik heel leuk vond. ’s Middags haalde de docent thee en koekjes voor bij het college. Dat soort kleine dingen maken het ook leuk.’ - *Peter*

‘Caleidoscoop vind ik, net als lineaire algebra, moeilijk, maar het is een leuke docent en hij weet de stof goed te brengen. Hij heeft op de middelbare school lesgegeven. Daardoor heeft hij meer feeling met de studenten en is didactischer. Het klinkt misschien raar, maar hij is een soort vaderfiguur, waardoor ik me meer op m’n gemak voel.’ - *Thije*

Studenten kunnen heel enthousiast worden van een goed college. Uit de ingevulde vragenlijsten blijkt dat voor 31% van de wiskundestudenten het luisteren naar de uitleg van een goede docent, wiskunde leuk maakt, maar ook dat door 18% van de wiskundestudenten het begrijpen van de uitleg van de docent op college lastig gevonden wordt.

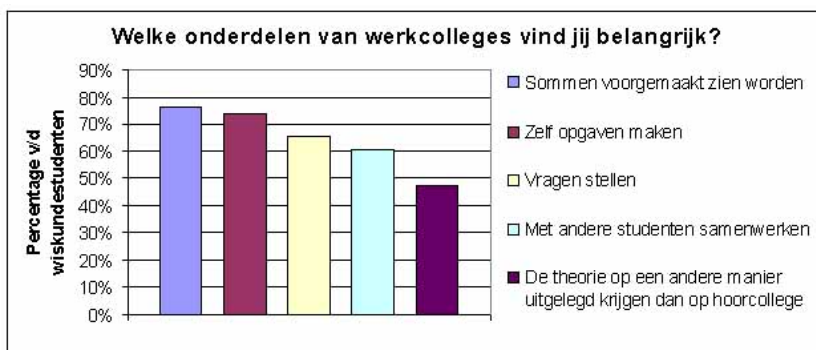
Werkcolleges

‘Op werkcollege maak ik sommen en worden sommen voorgedaan. Je kan dan álles vragen, dat is heel prettig. Het is wel vervelend dat het werkcollege Analyse pas laat op de middag is. Het gaat dan minder goed.’ - *Sanne*

Tijdens de interviews is opmerkelijk weinig gesproken over werkcolleges. Dit zou kunnen betekenen dat werkcolleges voor de studenten geen aanleiding geven tot uitgesproken positieve of negatieve ervaringen. Uit de vragenlijst komt naar voren dat de meningen over het nut van werkcolleges ten opzichte van hoorcolleges verdeeld zijn: De helft van de wiskundestudenten vindt de werkcolleges net zo nuttig als de hoorcolleges. De andere wiskundestudenten vinden de werkcollege meer of minder nuttig dan hoorcolleges. Dit komt overeen met het studententevredenheidsonderzoek van de UvA uit 2005, zie [9].

Wat vinden wiskundestudenten nuttig aan werkcolleges?

De antwoorden van wiskundestudenten staan in figuur 6.1. Deze antwoorden stonden voorgedrukt en zijn alle door een groot deel van de studenten aangekruist. Interessant zijn de antwoorden die studenten zelf opgegeven hebben als belangrijke onderdelen van werkcollege: fouten in je antwoorden kunnen ontdekken, geattendeerd worden op belangrijke opgaven en tips en algemene trucs te zien krijgen, hulp krijgen bij het zelf maken van opgaven en dat er een bepaalde dwang van uit gaat.



Figuur 6.1: Welke onderdelen van werkcolleges belangrijk gevonden worden door wiskundestudenten. (antwoorden van 39 studenten van UL, TUD en UvA)

Samenvatting

Wat wiskundestudenten vinden van colleges

Studiegedrag

- College volgen vinden wiskundestudenten één van de belangrijkste manieren om zich de stof eigen te maken.
- Hoorcolleges en werkcolleges worden gemiddeld ongeveer evenveel bezocht en gemiddeld gelijk gewaardeerd.
- Tijdens college de gelegenheid hebben om vragen te stellen draagt bij aan beter begrip van de stof.
- Tijd om na te denken over de stof draagt bij aan een beter begrip van de stof.
- Een docent die saai vertelt, zacht praat of alleen de inhoud van het dictaat op het bord schrijft, noemen de studenten als oorzaken voor een minder interessant college en daarmee als redenen om niet meer naar college te gaan.

Affectie

- Een docent die goed en duidelijk vertelt motiveert de studenten.
- Een gevarieerd vak draagt bij aan een interessant college.
- Studenten noemen dat ze zich meer op hun gemak voelen als ze de docent prettig vinden of als het college kleinschalig is.
- Door college te krijgen in een kleine groep is de drempel om vragen te stellen lager.
- College laat op de middag vinden wiskundestudenten minder nuttig.
- Hoorcolleges en werkcolleges worden gemiddeld ongeveer net zo nuttig gevonden.

Figuur 6.2: Uitkomsten van de interviews en vragenlijsten met betrekking tot de colleges

6.1.2 Zelfstudie

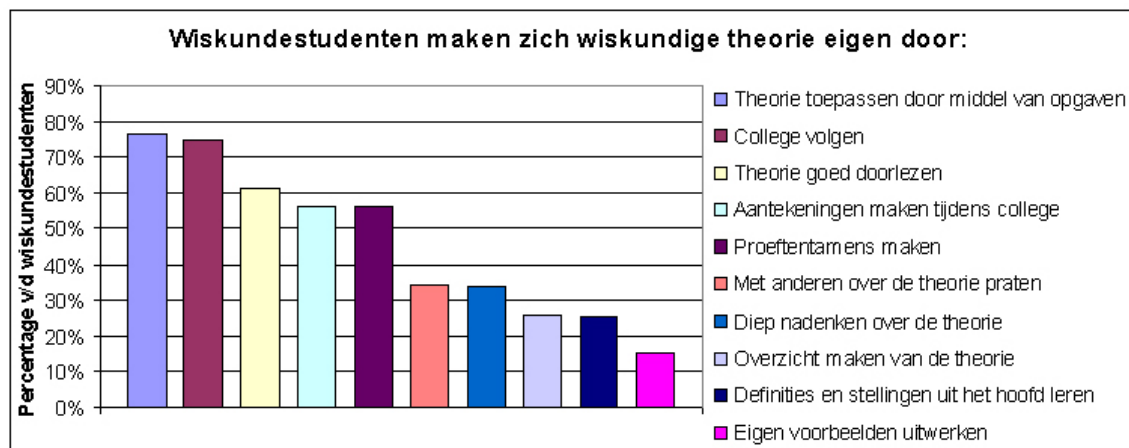
Naast de hoor- en werkcolleges, die vrijwel elke dag plaatsvinden en ongeveer twintig uur per week in beslag nemen, wordt de student geacht aan zelfstudie te doen. Zelfstudie bestaat bij wiskunde voor een groot deel uit het bestuderen van de stof en het maken van opgaven. Soms geldt een deel van het huiswerk als inleverhuiswerk: de student krijgt hiervoor punten die meetellen voor het eindcijfer of het eindcijfer zelfs volledig bepalen. Het voorbereiden van de tentamens is natuurlijk ook een vorm van zelfstudie, maar dit onderwerp zal ik in de volgende paragraaf bespreken.

Hoe studeren wiskundestudenten?

Zelfstudie is voor mijn onderzoeksvraag een interessant aspect van de studie, omdat studenten er zelf relatief veel invloed op hebben. Hoe studeren wiskundestudenten in hun 'eigen' tijd? Uit de vragenlijst blijkt dat studenten ongeveer 40% van hun studietijd gebruiken om zich de theorie eigen te maken. Hoe doen ze dat?

'Bij de meeste vakken zorg ik er voor dat ik het allemaal begrijp, door gewoon door te gaan tot het me duidelijk is. Als ik een stuk dictaat aan het lezen ben en ik snap het niet, dan lees ik het nog een keer. Als ik het na drie keer lezen nog niet begrijp, dan ga ik het aan de docent vragen of ik ga een voorbeeldje uitwerken.' - *Birgit*

In de vragenlijsten heb ik aan wiskundestudenten gevraagd welke activiteiten voor hen belangrijk zijn bij het zich eigen maken van de stof. College volgen en zelf studeren ontlopen elkaar daarin niet veel (zie ook figuur 6.3): de theorie toepassen door middel van opgaven is door 77% van de wiskundestudenten genoemd, gevolgd door colleges volgen (75%), theorie lezen (61%), aantekeningen maken (56%) en proeftentamens maken (56%).



Figuur 6.3: Hoe wiskundestudenten zich wiskundige theorie eigen maken. Uitkomsten van de vragenlijsten.

Activiteiten als een overzicht maken van de stof, eigen voorbeelden uitwerken, definities en stellingen uit het hoofd leren, diep nadenken over de theorie en er over praten met anderen worden door hooguit 34% van de studenten onderschreven. Uit deze cijfers blijkt dat wiskundestudenten een belangrijk deel van hun begrip halen uit enigszins passieve vormen van studeren, waarbij gebruik gemaakt wordt van de aangedragen studiematerialen.

Opgaven maken

Opgaven maken is samen met college volgen door de ondervraagde wiskundestudenten het vaakst genoemd als belangrijke studieactiviteit. Colleges zijn in de vorige paragraaf al besproken. Studenten geven aan 60% van hun studietijd aan opgaven maken te besteden. Maar hoe pakken wiskundestudenten een opgave aan?

‘Als ik iets moet bewijzen ga ik eerst proberen in te zien dat het inderdaad zo is. Dat doe ik door allerlei voorbeelden te verzinnen. Als ik begrijp dat het zo moet zijn, dan ga ik bekijken hoe ik het kan bewijzen. Vaak heb ik wel een intuïtie, maar het bewijs moet waterdicht zijn. Ik schrijf niet alles op, maar doe veel in m’n hoofd. Ik probeer eerst heel globaal het bewijs op te schrijven en ga het dan pas helemaal uitschrijven. Zo onderscheid ik bijvoorbeeld eerst al wel gevallen als 0 en schrijf pas later op waarom het dan triviaal is. Vaak is het pas de derde of vierde keer echt wat ik bedoelde.’ - *Wendy*

‘Als ik een opgave wil oplossen, dan bekijk ik eerst wat er staat, waar het over gaat. Dan zoek ik de bijbehorende theorie op. Ik bekijk de stellingen en lemma’s die erbij horen. Dan bekijk ik de vraag wat beter; waar willen ze naar toe? Ik ga wat proberen, schrijf wat dingen op. Vervolgens kijk ik of ik het goed heb, of ik de oplossing hard kan maken. Soms denk ik dat het niet gaat kloppen, maar dan begin ik gewoon een deel te bewijzen. Eerst een klein stukje en dan verder.’ - *Harm*

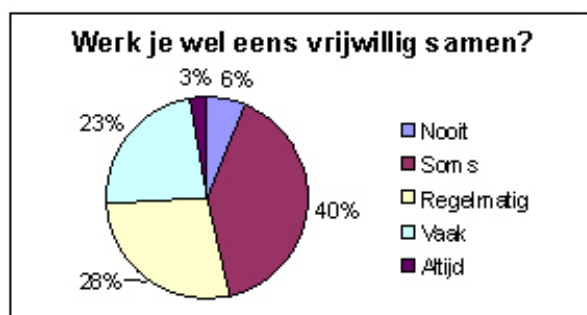
‘Bij het maken van opgaven helpt het echt om samen te werken. Als je er niet uit komt, is er altijd wel iemand anders die een goed idee heeft. Je kunt dan clues uitwisselen.’ - *Thijs*

De manier waarop de geïnterviewde studenten aangeven aan een probleem te werken, vertoont veel overeenkomsten met wat in de literatuur geschreven is (zie bijvoorbeeld het stappenplan van Pólya in figuur 5.1); het probleem bekijken en proberen te begrijpen, een plan maken en uitvoeren en de gemaakte stappen controleren.

Wat mij opviel was dat samenwerken genoemd werd als goede manier om aan wiskundige opgaven te werken. Uit de vragenlijst blijkt dat wiskundestudenten dit vaak doen; 51% van de studenten geeft aan regelmatig tot vaak samen te werken ook als dat niet hoeft, zie figuur 6.4. Samenwerken wordt in de lerarenopleiding gezien als leeractiviteit die bij leerlingen gestimuleerd moet worden. In dat licht vind ik het mooi te zien dat samenwerken voor wiskundestudenten blijkbaar een min of meer vanzelfsprekend onderdeel uitmaakt van de studieactiviteiten. Dit is in feite een ontkrachting van het beeld van wiskundigen als solitaire mensen die in hun eentje aan wiskundige problemen werken. In paragraaf 6.3.1 ga ik uitgebreid in op samenwerken als studieactiviteit.

De door mij geïnterviewde wiskundestudenten maakten in hun waardering van opgaven onderscheid tussen verschillende soorten opgaven. Deze verdeling bestaat grofweg uit rekenopgaven en denkopgaven.

- Opgaven waarbij een methode rechtstreeks of na een vertaalslag gebruikt kan worden. De gegevens uit de opgave worden 'ingevuld' in de methode en door het geheel door te rekenen



Figuur 6.4: Samenwerken tijdens het studeren. Gegevens uit de vragenlijsten

volgt het antwoord, mits er geen rekenfouten gemaakt zijn. Deze opgaven worden rekenopgaven of toepassingsopgaven genoemd.

- Opgaven waarvan niet direct duidelijk is hoe de opgave opgelost moet worden. Er is geen algoritme voor om dit soort opgaven op te lossen, waardoor het echte ‘denkopgaven’ zijn; ze vergen veel overpeinzing en het kan soms dagen duren voor het kwartje valt. Bewijsopgaven behoren vaak tot dit type.

Nu de door mij geïnterviewde studenten aan het woord, over hún ervaringen met de verschillende soorten opgaven:

‘Abstracte wiskunde vind ik leuker dan praktische wiskunde, maar ik vind het wel heel moeilijk.’ - *Wendy*

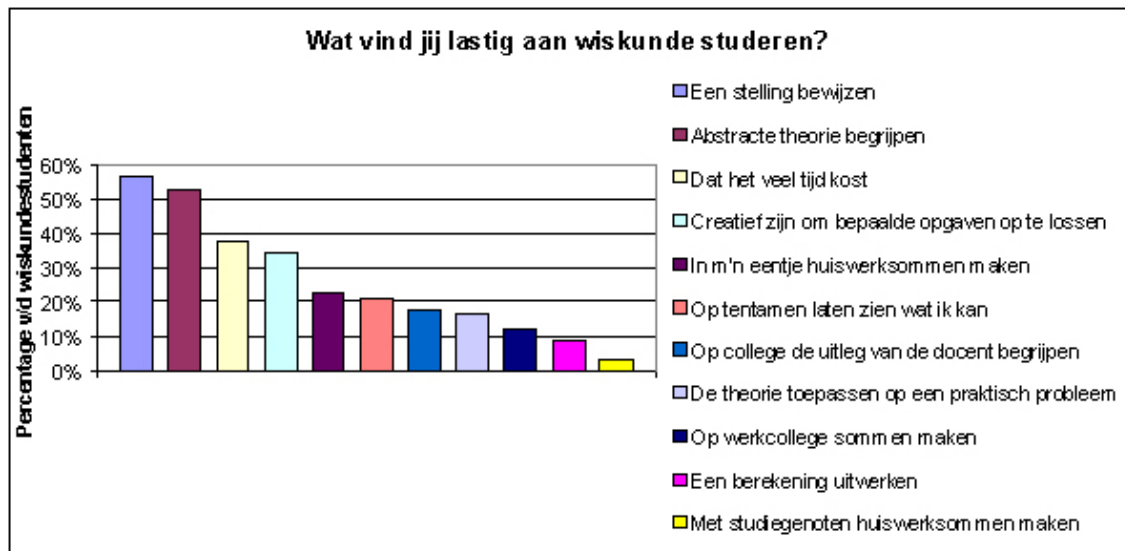
‘Ik vind het leuker om dingen toe te passen dan te bewijzen. Meestal is er een bepaald systeem dat je moet volgen. Voor bewijzen zullen er ook wel systemen zijn, maar je moet zelf dingen gaan verzinnen. Ik houd er meer van iets te doen dat al een keer eerder gedaan is. Je ziet het veel minder snel als je er zelf achter moet zien te komen. Dat vind ik lastig. Als het lukt geeft het wel een voldaan gevoel, meer dan bij toepassen, omdat ik dat makkelijker vind.’ - *Thije*

‘Bij beslistkunde vind ik het heel leuk de Simplexmethode uit te voeren. Ik vind het leuk algoritmes toe te passen om een model te optimaliseren. Het is fijn zo’n opgave afgerond te hebben. Dat heb ik bij Algebra ook, maar daarbij vraag ik me vaak af waarom ik het doe, een stelling bewijzen die al door heel veel mensen bewezen is.’ - *Gonny*

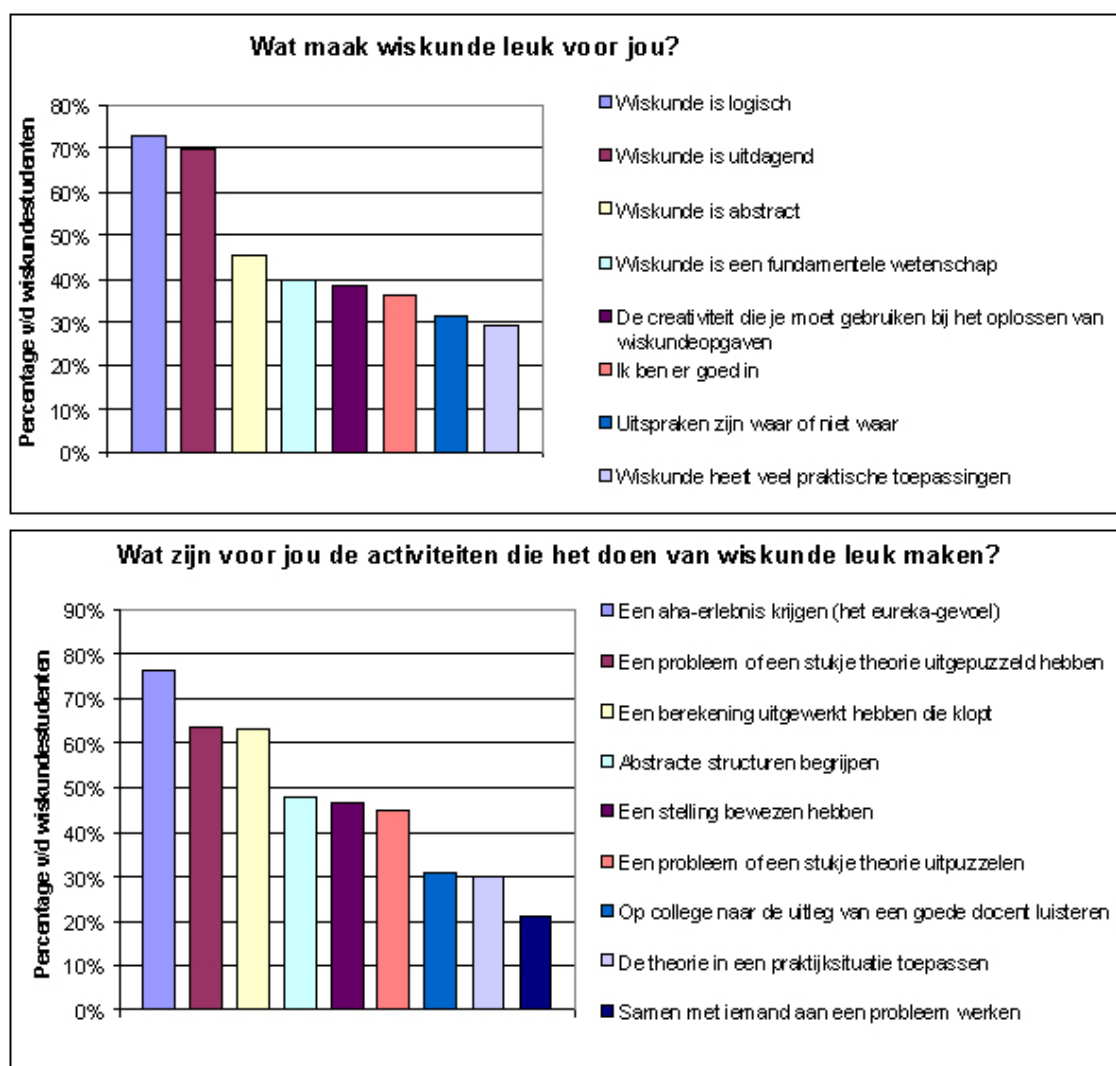
‘Als ik een probleem zie, dan weet ik vaak wel welke stelling ik nodig heb. Integralen en formules manipuleren, daar ben ik misschien iets minder handig in. Ik kan het wel hoor, maar ik heb er nooit zo’n zin in om van die lange berekeningen op te gaan schrijven.’ - *Peter*

Wiskundestudenten verschillen nogal in hun waardering van verschillende onderdelen van wiskunde. Sommige studenten vinden een bewijs leuker, ondanks dat of juist omdat het lastig is. Andere studenten waarderen juist het toepassen en/of het uitwerken van een algoritme. Uit de antwoorden op de vragenlijsten blijkt dat het bewijzen van een stelling door duidelijk meer wiskundestudenten lastig gevonden wordt dan het toepassen van de theorie op een praktisch probleem en het uitwerken van een berekening (respectievelijk 57%, 16% en 9% (zie figuur 6.6)). Ook de positieve ervaring verschilt nogal. Op de vraag welke activiteiten wiskunde leuk maken, antwoordde 64% van de wiskundestudenten het uitgewerkt hebben van een berekening, 46% het bewezen hebben van een

stelling en 31% het toepassen van de theorie in een praktijksituatie (zie figuur 6.6). Van de tijd die wiskundestudenten spenderen aan het maken van opgaven, gaat ongeveer evenveel tijd naar rekenopgaven als naar opgaven waar meer over nagedacht moet worden.



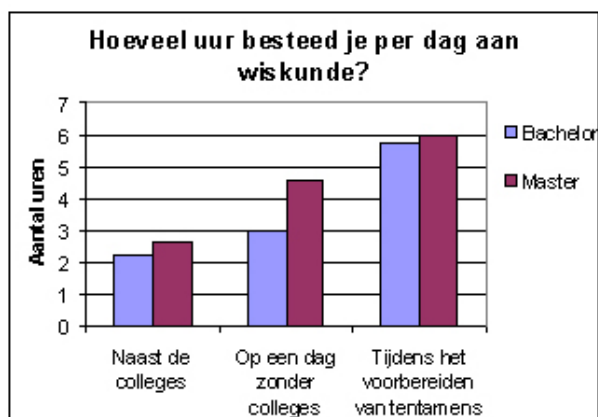
Figuur 6.5: Wat wiskundestudenten lastig vinden aan wiskunde studeren. Gegevens uit de vragenlijsten.



Figuur 6.6: Wat wiskundestudenten leuk vinden aan wiskunde

Hoeveel uur studeren wiskundestudenten?

Door middel van de vragenlijsten heb ik geïnventariseerd hoeveel tijd wiskundestudenten naast de colleges aan wiskunde besteden, zie figuur 6.7.



Figuur 6.7: Hoeveel uren wiskundestudenten per dag aan wiskunde besteden, opgesplitst naar bachelor en master. Gegevens uit de vragenlijsten

Wiskundestudenten studeren tijdens het leren voor een tentamen gemiddeld zes uur op een dag. Op een collegedag, naast de colleges, is dat twee uur en op een collegevrije dag drie uur.

Als de data opgesplitst wordt naar bachelor- en masterstudenten, dan blijkt dat masterstudenten meer studeren dan bachelorstudenten. Dit komt overeen met een onderzoek van de UvA uit 2005, zie [9]. Met name op dagen dat er geen colleges zijn is er een groot verschil. Masterstudenten studeren dan gemiddeld ruim 1,5 uur meer studeren dan bachelorstudenten. Dit zou kunnen liggen aan een hogere motivatie of bijvoorbeeld dat er veel meer collegeloze dagen zijn in de master (minder vakken, minder colleges maar een net zo grote studielast), waardoor het belang van studeren op die dagen groter is.

Het aantal studie-uren per week is uit deze gegevens niet goed te bepalen. In mijn vraagstelling ben ik onduidelijk geweest over of een weekenddag ook valt onder de noemer 'een dag zonder colleges'. Als we aannemen dat dat wel het geval is en we gaan uit van een week met 20 uur contacttijd (hoor- en werkcolleges), verspreid over vijf dagen, dan krijgen we de volgende berekening: vijf maal twee uur wiskunde op een doordeweeksedag en zes uur wiskunde in het weekend geeft, samen met 20 uur colleges, 36 uur wiskunde per week. Dit is iets minder dan de norm van 40 uur per week. Een week lang tentamens voorbereiden komt neer op 42 uur: zeven keer zes uur. Hierbij wil ik de kanttekening plaatsen dat de verschillen tussen de studenten onderling, ook binnen de verschillende groepen (geslacht, studiefase, wiskundig zelfbeeld, universiteit) zeer groot zijn; er zijn studenten die naast de colleges nauwelijks tijd aan wiskunde besteden en ook studenten die van 's morgens vroeg tot 's avonds laat al hun tijd in wiskunde stoppen.

ICT

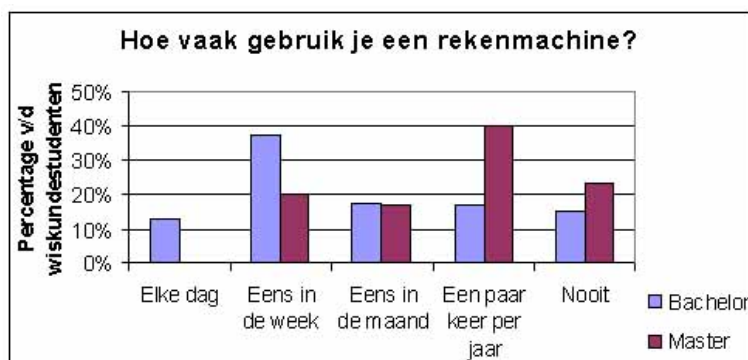
Tot slot een vermelding van de rol die ICT speelt in de wiskundestudie:

‘Onderwijs dat meer uit ICT haalt’ was één van de vijf kernpunten van de pas gehouden oratie van Prof. Jan van Maanen ([18]), de nieuwe hoogleraar Didactiek van het Wiskundeonderwijs aan de Universiteit Utrecht. Ook vanuit de lerarenopleiding die ik gevolgd heb, wordt het gebruik van ICT, door gebruik te maken van programmaatjes die de wiskunde inzichtelijker moeten maken, gepromoot. Op de universiteit wordt er geen gebruik gemaakt van dergelijke op maat gemaakte programma’s, maar wel van ‘serieuze’ wiskundige software als Maple, Matlab en Mathematika. In mijn wiskundestudie was wiskundige software voor sommige vakken noodzakelijk, maar heb ik het verder weinig gebruikt. Hoe vaak maken andere wiskundestudenten gebruik van wiskundige software?

Uit de vragenlijsten volgt dat één derde van de wiskundestudenten vaak (elke dag tot eens per week) gebruik maakt van wiskundige software, één derde met enige regelmaat (elke maand) en één derde haast nooit (een paar keer per jaar tot nooit). Voor mijzelf gold dat ik in de beginfase van mijn studie meer met wiskundige software werkte dan later, wat wellicht lag aan de vakken die ik koos.

Een heel elementaire vorm van ICT is natuurlijk de rekenmachine. Ik heb haast nooit een rekenmachine gebruikt in mijn studie. Ik had hem ook nooit bij mij, tot verbazing van vrienden die geen wiskunde studeerden; ‘Wiskunde is toch rekenen? Hoe kan je dan zonder rekenmachine?’

Uit de vragenlijsten blijkt dat weliswaar een groot deel van de wiskundestudenten (43%) de rekenmachine regelmatig (elke dag tot eens per week) gebruikt, maar een bijna even groot deel (39%) gebruikt de rekenmachine zelden (eens per maand tot nooit). Opsplitsing naar bachelor en master laat zien dat het gebruik van de rekenmachine in de masterfase een stuk beperkter is dan in de bachelorfase (zie figuur 6.8). Naar mijn idee komt dit, doordat in de bachelorfase een aantal basisvaardigheden moet worden aangeleerd, waarvoor later in de studie de computer gebruikt wordt. Daarnaast bestaat een groot deel van de universitaire wiskunde niet uit getallen, maar uit structuren, regels en creatieve gedachtes; daar helpt een rekenmachine niet bij.



Figuur 6.8: Hoe vaak wiskundestudenten een rekenmachine gebruiken, opgesplitst naar bachelor en master.

Samenvatting

Wat wiskundestudenten zeggen over zelfstudie

Studiegedrag

- Wiskundestudenten lossen een wiskundige opgave op door te puzzelen: kijken wat je weet, dictaat lezen, dingen uitproberen, voorbeelden uitwerken, maar ook samenwerken en vragen stellen helpt.
- Voorgeschreven leermiddelen (college, boek, opgaven) worden meer gebruikt door wiskundestudenten dan dat ze zelf een actieve leeractiviteiten toepassen (voorbeelden uitwerken, diep nadenken over de theorie, overzicht maken van de stof).
- Wiskundestudenten besteden bijna de helft de tijd die ze aan hun studie wijden, aan het begrijpen van de stof.
- Wiskundestudenten zijn ongeveer evenveel tijd kwijt aan bewijs-/denkopgaven als rekenopgaven.
- Samenwerken speelt een vrij grote rol in het doen van wiskunde: meer dan de helft van de wiskundestudenten geeft aan regelmatig tot vaak samen te werken en 34% van de wiskundestudenten geeft aan dat over wiskunde praten een manier is om zich de theorie eigen te maken.

Affectie

- Er zijn, ook onderling, grote verschillen in wat wiskundestudenten nuttiger en leuker vinden:
 - Een stelling bewijzen wordt lastig gevonden, maar als het gelukt is, wordt het gewaardeerd: de helft van de wiskundestudenten geeft aan dat ze het bewezen hebben van stelling juist zo leuk vinden aan wiskunde.
 - De theorie toepassen wordt maar door één op de zes studenten lastig gevonden en door één op de drie studenten leuk gevonden, wat relatief weinig is.
 - Een berekening uitwerken wordt door maar weinig studenten lastig gevonden, maar wordt juist door veel studenten gewaardeerd als het klaar is (64% van de wiskundestudenten).

Figuur 6.9: Uitkomsten uit de interviews en vragenlijsten met betrekking tot zelfstudie.

6.1.3 Toetsen

Vakken worden aan het einde van een semester meestal getoetst met een tentamen aansluitend aan de collegeperiode. Schriftelijke tentamens duren in de regel drie uur. Mondelinge tentamens zijn korter; een half uur tot een uur. Sommige vakken hebben geen tentamen maar worden getoetst door inleverhuiswerk, presentaties of een essay. Een tentamenperiode duurt ongeveer een maand, waarin er eens per week een tentamen wordt ingeroosterd. In de bachelorfase worden er per tentamenperiode vier à vijf tentamens afgenomen. Daarnaast zijn er in de propedeuse van enkele vakken facultatieve deeltentamens. In de masterfase zijn de vakken groter in omvang, waardoor het aantal vakken en daarmee het aantal tentamens kleiner is.

Inleverhuiswerk en tentamens

Enkele van de door mij geïnterviewde eerstejaars wiskundestudenten hadden ten tijde van het interview net de eerste deeltentamens achter de rug:

‘Het tentamen bereidde ik voor door het boek per hoofdstuk door te lezen en opgaven te maken. Daarna heb ik proeftentamens gemaakt. De opgaven uit het boek lukten wel, maar de proeftentamens waren een stuk moeilijker. Gelukkig stonden de uitwerkingen er bij zodat ik kon nalezen hoe het moest. Dan snapte ik het wel, maar het is een stuk lastiger als je het zelf moet verzinnen. Tijdens de toets was ik eigenlijk wel relaxt, maar ik had dan ook ruim genoeg tijd. Op de middelbare school lag er altijd een hoge tijdsdruk op de toetsen en daar werd ik wel nerveus van. Uiteindelijk had ik net geen voldoende voor het tentamen.’ - *Thije*

‘Tot nu toe heb ik al m’n inleverhuiswerk nog ingeleverd. De punten die je haalt voor je huiswerk hebben altijd een positief effect op het tentamencijfer. En je oefent op die manier de stof voor het tentamen ook nog eens.’ - *Sanne*

Ouderejaars wiskundestudenten hebben meer ervaring met tentamens en inleverhuiswerk en ervaren duidelijke verschillen in zwaarte van de verschillende soorten toetsen.

‘Ik heb alle colleges van Algebra gevolgd, maar het huiswerk heb ik niet helemaal ingeleverd. Ik vond dat ik Algebra niet de aandacht kon geven die het verdiende en heb daarom het vak laten vallen. Het tentamen was het probleem niet, maar het huiswerk kostte gewoon teveel tijd.’ - *Pieter*

‘Als ik nog maar weinig tijd heb voor een tentamen, kan ik juist extra goed leren. Dan ken ik het een dag voor het tentamen en dan is de motivatie ook echt op. Van stress heb ik eigenlijk geen last. Op een tentamen maak ik eerst de sommen die ik denk te kunnen maken. Dan kijk ik nog een keer, maak ik er meer en dat weet ik dat het wel goed zit. Als ik in eerste instantie maar weinig sommen kan maken, is dat wel vervelend. Leuke vakken begin ik eerder aan, maar dat zijn vaak vakken die geen tentamen hebben, maar waar huiswerk voor ingeleverd moet worden.’ - *Thijs*

‘Sommige docenten zeggen; ‘maak met z’n tweeën of in een groepje huiswerk en schrijf het vervolgens zelf nog een keer op. Zorg dan dat je het snapt.’ Vaak kan je het tentamen dan wel in je eentje maken. Op tentamen zijn de opgaven vaak makkelijker. Je kan op een tentamen van drie uur geen opgave opgeven waar je normaal gesproken twee dagen over doet om überhaupt het idee te krijgen van wát je moet doen.’ - *Harm*

Inleverhuiswerk komt uit de interviews naar voren als een belangrijk onderdeel van de studie. Het inleverhuiswerk levert punten op, maar kost ook grote inspanning. Met name de hogerejaarsstudenten ervaren de huiswerkopgaven als lastig. De eerstejaars geven aan extra gemotiveerd te zijn om

het inleverhuiswerk te maken, omdat het bijdraagt aan het begrip en bonuspunten kan opleveren voor het tentamencijfer.

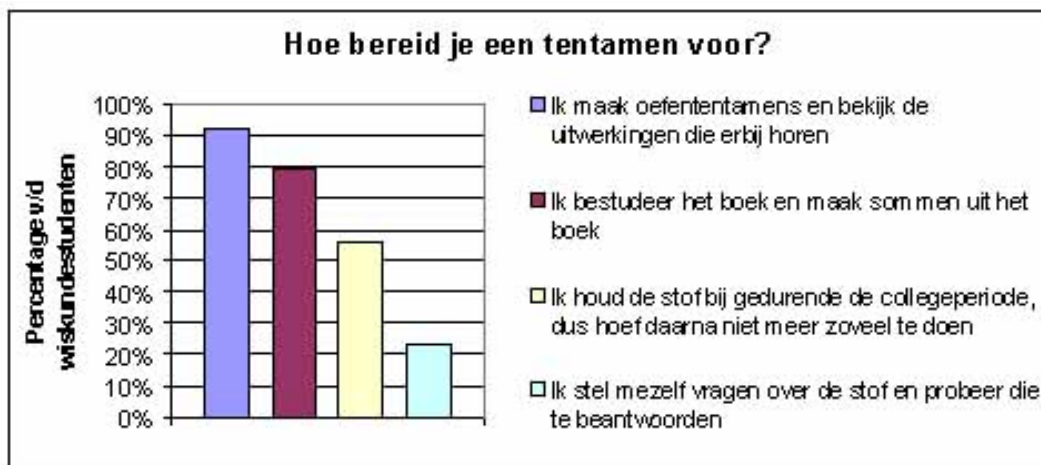
Tentamens lijken voor eerstejaars lastiger te zijn dan voor hogerejaars. Een voldoende voor het huiswerk blijkt voor hun geen garantie te zijn voor een voldoende op het tentamen. Dit wordt door de eerstejaars echter niet per se als problematisch ervaren. De eerste deeltentamens in het eerste jaar hoeven niet mee te tellen en worden door de studenten ervaren als een test om te kijken hoe het gaat.

Hogerejaars studenten kijken anders tegen inleverhuiswerk en tentamens aan dan de eerstejaars wiskundestudenten: de hogerejaars vinden de tentamens minder lastig, maar vinden juist het huiswerk zwaar, moeilijk en tijdrovend. Tijd speelt een belangrijke rol, zowel op een positieve als negatieve manier. Sommige vakken kosten zo veel tijd, dat het niet voor iedereen haalbaar is. Tijdsdruk tijdens de tentamenvoorbereiding wordt daarentegen door sommige studenten juist als stimulerend ervaren. Op de tentamens zelf lijkt er voldoende tijd te zijn, wat studenten prettig vinden.

Tentamenvoorbereiding

Ongeveer de helft van de ondervraagde studenten geeft aan na de collegeperiode niet zoveel meer te hoeven doen om het tentamen voor te bereiden. Het tentamen voorbereiden gebeurt vooral door proeftentamens te maken en het boek te bestuderen. Jezelf vragen stellen over de stof wordt door maar weinig studenten als leermethode gebruikt, zie figuur 6.10.

Proeftentamens zijn voor studenten die een ondergemiddeld wiskundig zelfbeeld hebben, belangrijker dan voor andere wiskundestudenten: driekwart van de studenten die zichzelf beschouwen als ondergemiddeld geven aan proeftentamens te gebruiken om zich de stof eigen te maken tegenover de helft van de wiskundestudenten met een bovengemiddeld zelfbeeld.



Figuur 6.10: Hoe wiskundestudenten een tentamen voorbereiden.

Verschillende typen tentamens

In de tweede vragenlijst heb ik de wiskundestudenten gevraagd wat voor tentamen de voorkeur had; een schriftelijk tentamen, een mondeling tentamen of een take-home tentamen (dat wil zeggen een schriftelijk tentamen dat de student thuis kan maken). De ‘huiswerktentamens’ heb ik niet opgenomen, omdat deze verspreid plaatsvinden, gedurende de colleges, terwijl de schriftelijke, mondelinge en take-home tentamens alle plaatsvinden aan het eind van de periode. 39 Wiskundestudenten hebben geantwoord welk tentamen de voorkeur heeft.

Driekwart van deze studenten vindt schriftelijke tentamens prettig, een derde take-home en een enkele wiskundestudent vindt een mondeling tentamen prettig. Meest genoemde voor- en nadelen zijn:

Schriftelijk tentamen:

- Je hebt veel controle over het tentamen.
 - Je kan rustig nadenken.
 - Je kan terugkomen op een gegeven antwoord.
 - Je kan een opgave laten liggen tot later.
- Je weet wat je kan verwachten.
 - Je weet hoeveel tijd je hebt.
 - Je kan overzien wat er gevraagd wordt.

Take-home tentamen: (door enkele studenten gezien als practica)

- Je hebt er alle tijd voor. Dit wordt soms ook als nadeel gezien; het kan veel tijd kosten.
- Je kan goed laten zien dat je de stof echt begrepen hebt.
- Je kan er met anderen over discussiëren.

Mondeling tentamen:

- Het is een goede aanvulling bij een take-home tentamen om te laten zien dat je het zelf echt begrijpt.
- Druk om direct te antwoorden.
- Angst om verkeerd te antwoorden en/of een blackout te krijgen
- Je kan niet later terugkomen op je antwoord.

Eén student heeft zelf het inleverhuiswerk genoemd als favoriete tentamenvorm ‘omdat je zo de druk verspreidt, toch intensief met de stof bezig bent en het zo het beste blijft hangen’.

Samenvatting

Wat wiskundestudenten zeggen over toetsen

Studiegedrag

- Inleverhuiswerk maken zorgt ervoor dat studenten de stof beter begrijpen.

Affectie

- Inleverhuiswerk en deeltentamens hebben in het eerste jaar puur een positief effect op het eindcijfer en worden door de eerstejaars als prettig ervaren.
- De eerstejaars studenten lijken de tentamens moeilijker te vinden dan het huiswerk, hoewel er voldoende tijd op de tentamens gegeven lijkt te worden.
- De ouderejaars studenten geven aan dat het inleverhuiswerk veel tijd kost en moeilijker is dan de tentamens.
- Veel wiskundestudenten vinden schriftelijke tentamens prettig als toetsmethode, omdat ze weten wat ze kunnen verwachten en ze rustig kunnen nadenken over de opgaven.
- Take-home tentamens worden gewaardeerd om hun diepgang en mogelijkheid tot rustig werken, maar kunnen de student veel tijd kosten.
- Als nadelen van mondelinge tentamens zijn genoemd de tijdsdruk, niet terug kunnen komen op gegeven antwoorden en de angst iets verkeerd te zeggen.

Figuur 6.11: Uitkomsten uit de interviews en vragenlijsten met betrekking tot de toetsen

6.2 Omgaan met negatieve ervaringen tijdens de wiskunde-studie

In de vorige paragraaf heb ik de colleges, zelfstudie en toetsen van de Leidse wiskundestudie beschreven. Omdat ik uit eigen ervaring heel goed weet dat een wiskundestudie niet altijd van een leien dakje gaat, maar flink wat tegenslagen met zich mee kan brengen, ben ik benieuwd welke tegenslagen andere wiskundestudenten ervaren en hoe zij daarmee omgaan.

6.2.1 Het college is onbegrijpelijk

Stel, je gaat naar college. Omdat je dat altijd doet, omdat je het onderwerp interessant vindt, het vak moeilijk vindt of de docent inspirerend is. Je zit daar met tien andere studenten en na een half uur begrijp je niet meer waar de docent het over heeft. Wat denk je dan? Wat voel je dan? Wat doe je dan?

Zelf heb ik vaak meegemaakt dat ik het college niet begreep. Ik vond het lastig gedurende de hele uitleg geconcentreerd te luisteren en mee te denken met wat de docent vertelde. Als mijn aandacht even verslapte, was ik de draad van het verhaal vaak al kwijt. In eerste instantie probeerde ik dan de grote lijn van het verhaal weer op te pakken, maar dat lukte niet altijd. Om toch wat op te steken van de uitleg die nog komen ging, focuste ik mij op het stukje dat de docent op dat moment aan het uitleggen was en probeerde ik afzonderlijke de stappen te begrijpen, zonder echt te kunnen overzien wat er besproken werd. Was dit ook niet mogelijk, dan schreef ik de aantekeningen op het bord zo netjes mogelijk over om ze thuis rustig door te kunnen lezen en stelde ik na affloop vragen aan mijn medestudenten; als ik al aan het begin van het college de draad kwijt was geraakt, durfde ik geen vragen meer te stellen aan de docent. Hoe gaan andere studenten met dit soort situaties om?

‘Als ik niet begrijp wat op het bord staat, dan komt dat doordat ik al een paar lessen niet zoveel gedaan heb. Dan heb ik bijvoorbeeld het boek niet doorgekeken, de huiswerksommen gemaakt door wat te bladeren, voorbeelden na te doen en er verder niet over na te denken. In zo’n situatie kan ik beter geen college meer volgen, want dan heeft het toch niet zoveel zin. Ik kan dan beter het boek nog een keer doorlezen, belangrijke dingen bestuderen en meer oefenen. Dat helpt dan wel.’ - *Thijs*

‘Tegen het einde van de collegeperiode raakte ik de draad kwijt, begreep ik niet meer waar het over ging. Dan kun je het college niet meer goed volgen en dat is vervelend. Dan moet je eigenlijk de tijd nemen om het dictaat heel goed te bestuderen, het liefst vanaf het begin. Vaak heb je daar de tijd niet voor. Ik ga wel naar college. Ik ga alleen niet naar college als het te makkelijk is, niet als het te moeilijk is. Het is een béétje frustrerend als je daar zit en je kan het niet helemaal volgen, maar over het algemeen denk ik ‘het komt later wel weer goed, als ik het dictaat ga lezen’. Dat hoop je dan tenminste.’ - *Birgit*

‘Tijdens college schiet ik wel eens in de stress, als ik denk ‘waar gaat dit over? Ik snap er helemaal niets van!’ Ik vind het heel vervelend als ik er niets van snap terwijl anderen het misschien wel snappen. Ik zie vaak dat anderen er weinig moeite mee hebben en dan denk ik ‘oh, had ik dat maar’. Aan de andere kant, er is meer dan studie alleen. Daarnaast, 90% van de tijd kan ik het wel volgen, maar soms gaat het te snel. Dan probeer ik zo goed mogelijk aantekeningen te maken. Het is fijn dat je ook boeken hebt, zodat je in je eigen tempo de stof kunt bekijken met voorbeelden erbij. Dat doe ik dan na het college. Als ik een specifiek puntje niet begrepen heb, ga ik in de pauze even naar de docent of m’n medestudenten toe

om te vragen hoe het zit. Ik vind dat wel heel vervelend, maak me zorgen over hoe het verder moet als ik het niet snap.’ - *Sanne*

‘Tijdens college worden genoeg vragen gesteld, maar ik stel zelf geen klassikale vragen. Als ik iets niet begrijp, dan vraag ik het meestal aan een medestudent. Als er niemand is die het begrijpt, dan komen er wel vragen over tijdens college.’ - *Alexander*

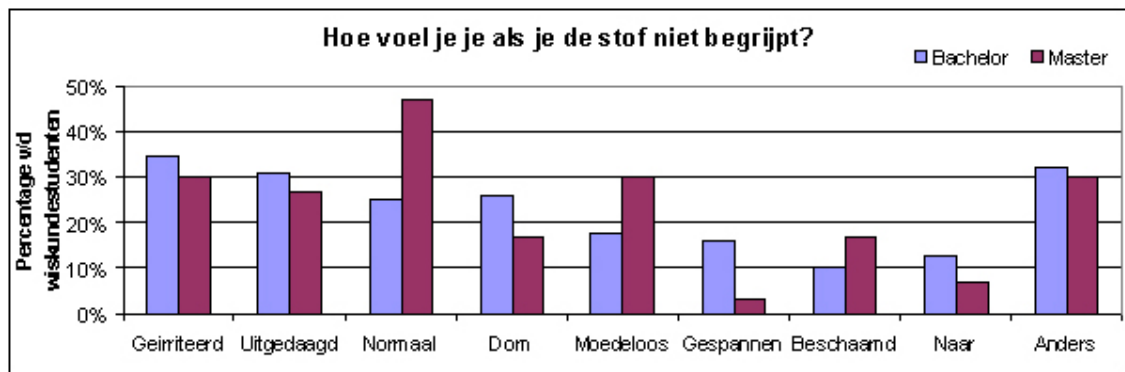
Uit de interviews komt een gevarieerd beeld van hoe wiskundestudenten het niet-begrijpen van de uitleg op college ervaren. Sommige studenten leggen de oorzaak van het niet kunnen volgen van een college bij het te weinig gedaan hebben, anderen schieten in de stress en zijn bang de enige te zijn die het niet snapt.

Verschillen in affectie

Masterstudenten blijken het minder raar te vinden dan bachelorstudenten als ze de uitleg niet begrijpen: de helft van de masterstudenten geeft aan zich ‘normaal’ te voelen als ze het college niet meer begrijpen, tegenover een kwart van de bachelorstudenten, zie figuur 6.12.

Het zal geen verbazing wekken dat studenten die zichzelf ondergemiddeld goed in wiskunde vinden, meer negatieve gevoelens als irritatie en zich dom voelen, ervaren bij het niet-begrijpen van de stof op college, zie figuur 6.13.

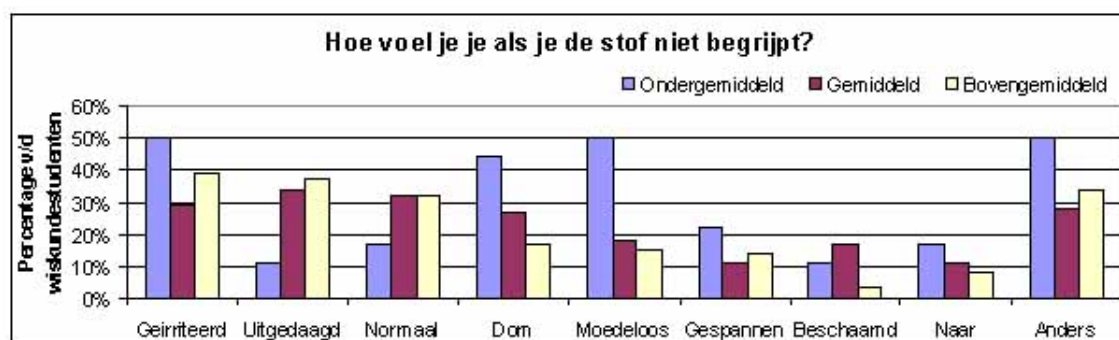
Tussen mannen en vrouwen is er ook een duidelijk verschil: vrouwelijke wiskundestudenten voelen zich vaker dan mannen dom als ze iets niet snappen, terwijl mannelijke studenten er op vertrouwen dat het wel goed komt. Dit is in lijn met wat in de literatuur gezegd wordt over middelbare scholieren; dat vrouwen falen aan zichzelf toeschrijven terwijl mannen dat aan ‘pech’ of andere externe factoren toeschrijven. (zie ook figuur 5.5).



Figuur 6.12: Hoe wiskundestudenten zich voelen als ze de stof niet begrijpen, opgesplitst naar bachelor en master.

Wat te doen?

Wat wiskundestudenten doen als ze de uitleg op college niet begrijpen, verschilt per student: vragen stellen, het boek doorlezen en wel of juist niet meer naar college gaan. De vragenlijsten geven de indruk dat wiskundestudenten er over het algemeen rationeel en constructief op reageren; ‘het komt



Figuur 6.13: Hoe wiskundestudenten zich voelen als ze de stof niet begrijpen, opgesplitst naar hoe goed de wiskundestudenten zelf vinden dat ze zijn in wiskunde.

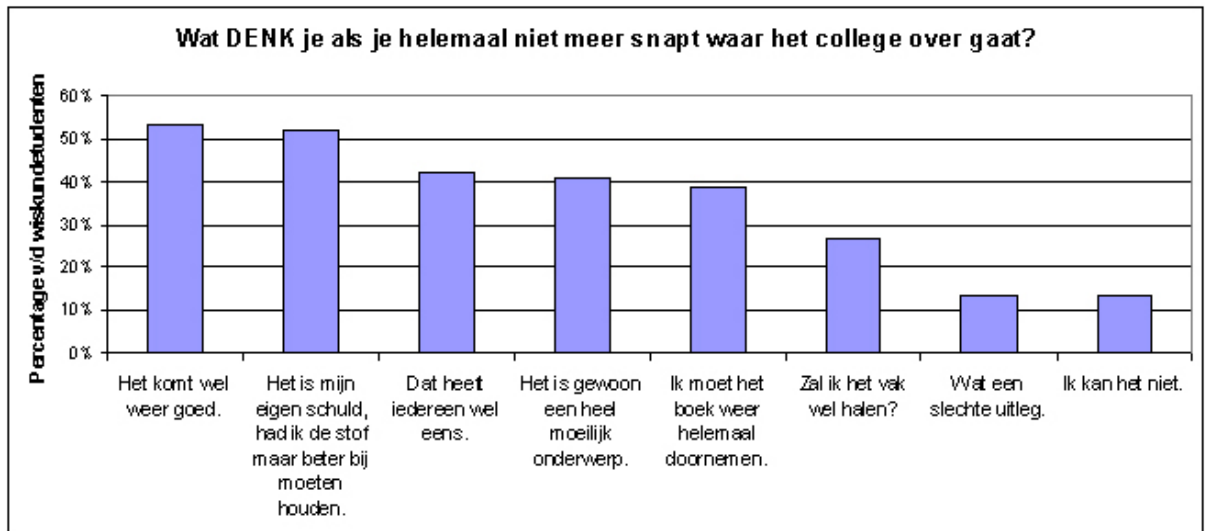
wel weer goed', 'het is mijn eigen schuld, had ik de stof maar beter bij moeten houden' wordt het vaakst gedacht en de meeste studenten gaan bij het niet begrijpen van het college, de stof opnieuw doorlezen en medestudenten om hulp vragen, zie figuur 6.14 en figuur 6.15.

Masterstudenten lossen het onbegrip meer dan bachelorstudenten zelf op door het boek lezen, andere boeken te lezen en juist niet meer naar college te gaan (zie figuur E.4 in de bijlage), terwijl bachelorstudenten in vergelijking tot masterstudenten juist hulp inroepen van andere mensen; hulp vragen van medestudenten of de docent en wèl naar college gaan.

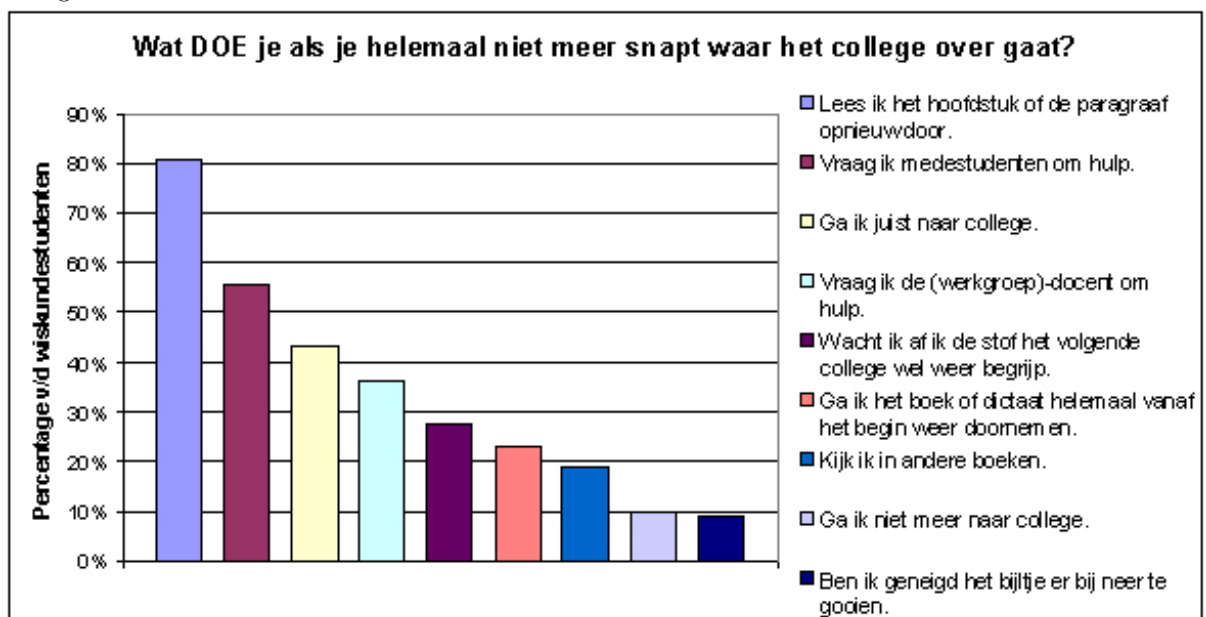
Studenten van de UvA geven opmerkelijk veel actiebereidheid aan om het niet-begrijpen op te lossen. Beduidend meer dan de studenten van de andere universiteiten vragen ze om hulp, gaan juist wel naar college, lezen het boek helemaal door en gebruiken ook andere boeken. Tussen de andere groepen (man/vrouw, wiskundig zelfbeeld) zijn er geen opmerkelijke verschillen.

Studenten versus scholieren

Als ik met betrekking tot het niet kunnen begrijpen van de uitleg, de wiskundestudenten vergelijk met mijn leerlingen op de middelbare school, dan zie ik een groot verschil. De leerlingen die de uitleg tijdens mijn wiskundelessen niet begrepen, waren geneigd het bijtje er bij neer te gooien omdat ze dachten dat ze het nooit zouden kunnen. Wiskundestudenten kennen ook het niet begrijpen van het college, maar gaan er op een meer of minder rationele manier mee om. Het beeld dat wiskundestudenten 'wiskunde kunnen' en er dus geen moeite mee hebben, is incorrect, maar ze gaan op een constructieve manier om met tegenslagen binnen de wiskunde.



Figuur 6.14: Wat wiskundestudenten denken als ze helemaal niet meer snappen waar het college over gaat.



Figuur 6.15: Wat wiskundestudenten doen als ze helemaal niet meer snappen waar het college over gaat.

De eerste keer

Veel van de door mij geïnterviewde wiskundestudenten waren voor aanvang van hun studie gewend geen moeite te hebben met wiskunde. Het begin van het eerste jaar bracht daar verandering in:

‘De eerste colleges, daar begreep ik echt helemaal niets van. Het tempo lag heel hoog in vergelijking met de middelbare school. Dat is logisch, want op de middelbare school behoorde iedereen tot de besten van de klas. Ik begreep de tekens niet. Het was helemaal niet uitgelegd wat ze betekenden. De docent ging van alles bewijzen, terwijl we nog geen bewijstechnieken hadden gehad. Hij legde wel uit wat hij deed, maar er was gewoon geen tijd om er over na te denken, om de stof echt door te laten dringen. Het college was samen met natuurkunde, dus we zaten daar met veel studenten. Dat maakte het college onpersoonlijk, waardoor je niet zo gauw je hand opsteekt om een vraag te stellen. Ik wist ook niet zo goed of ik nou wel of niet door moest gaan met aantekeningen maken. Zonder te schrijven zou ik het misschien beter kunnen volgen, maar ik wist niet of de stof wel in het boek zou staan. Na afloop van het college kwam ik er achter dat de rest het ook niet begrepen had. Ik kan er niet zo goed tegen als ik iets niet begrijp. Ik heb inmiddels wel door dat iedereen wel eens iets niet in één keer begrijpt tijdens college. Op de middelbare school had ik dat nooit.’ - *Wendy*

De eerstejaars beschreven een overweldigende start van de studie; hoog tempo, volle collegezaal en te snelle uitleg. Het niet begrijpen van de theorie is op dat moment voor veel wiskundestudenten een nieuwe ervaring. Het is voor de studenten pas later duidelijk dat het niet abnormaal is de uitleg niet direct te begrijpen. Uit de vragenlijsten blijkt dat bijna 40% van de wiskundestudenten regelmatig of vaker de stof op college niet meer kan volgen, zie figuur 6.16.



Figuur 6.16: Hoe vaak het college te snel gaat voor de wiskundestudenten. Gegevens uit de vragenlijsten.

Ligt het aan wiskunde?

Tot slot een overdenking: als wiskundestudenten de uitleg tijdens een college niet meer begrijpen, zijn ze geneigd alle stof weer door te nemen. Dit komt waarschijnlijk doordat het niet duidelijk is waar het gat in de kennis ligt. Dit hangt samen met het cumulatieve karakter van wiskunde; wiskunde is een bouwwerk dat steeds verder uitbreidt. Als een onderwerp niet helemaal goed begrepen is, kan dat later problemen opleveren voor de student als hij/zij dat onderwerp nodig heeft om nieuwe theorie te begrijpen. Meer over de moeilijkheid van wiskunde in paragraaf 6.3.4.

Samenvatting

Wat wiskundestudenten zeggen over tegenslagen tijdens een college

Studiegedrag

- Over studiemateriaal beschikken om de stof thuis te kunnen bestuderen, is van belang als de stof op college te snel gaat.
- Vragen stellen tijdens colleges is niet vanzelfsprekend, zeker niet in een grote collegezaal. In de pauze vragen stellen aan de docent of medestudenten is een alternatief.
- Bijna de helft van de studenten gaan juist wel naar college als ze de colleges niet meer snappen, ongeveer 10% bestuderen de stof dan liever zelf en gaan juist niet naar college.
- Wiskundestudenten gaan over het algemeen constructief om met het niet-begrijpen van de uitleg op college. Vooral UvA-studenten komen daadkrachtig over.

Affectie

- Aan het begin van het eerste jaar kan het niet-begrijpen van het college overweldigend zijn.
- Ruim de helft (57%) van de wiskundestudenten beschouwt het niet snappen van een wiskundecollege als normaal ('Dat heeft iedereen wel eens' en/of 'Het is gewoon een heel moeilijk onderwerp').
- Het niet kunnen volgen van het college heeft vrijwel elke wiskundestudent (95%) wel eens meegemaakt. Voor 40% van de wiskundestudenten gaan de colleges regelmatig, vaak of altijd te snel.
- Vrouwelijke wiskundestudenten voelen zich vaker dom als ze de stof niet snappen dan hun mannelijke collega's.
- Een vak tot een goed einde brengen is niet vanzelfsprekend: Een kwart van de studenten twijfelt aan de haalbaarheid van een vak als ze het college niet meer begrijpen.
- De stof niet begrijpen wordt als vervelend, maar niet per se als problematisch ervaren: Voor de meerderheid van de studenten is het niet-begrijpen van het college geen reden tot zorg.

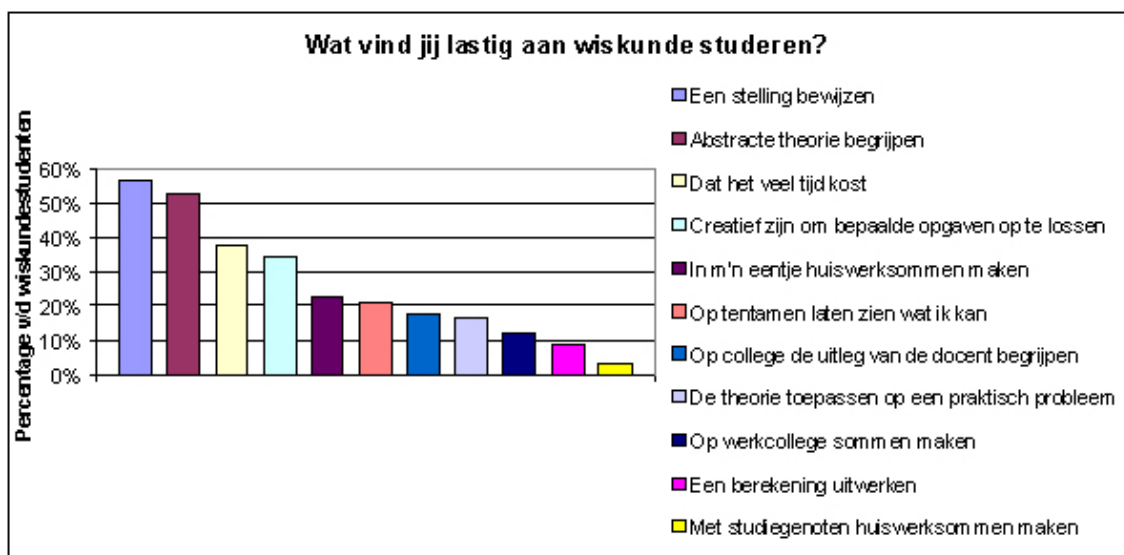
Figuur 6.17: Uitkomsten uit de interviews en vragenlijsten met betrekking tot tegenslagen bij colleges

6.2.2 Als je vastloopt tijdens zelfstudie

Huiswerk maken: op de middelbare school was dat wat ‘gewoon’ gedaan werd. Ik vond het niet altijd makkelijk, maar als ik de stof eenmaal begrepen had en een opgave kon maken, lukte dat bij de andere opgaven van hetzelfde soort ook. Op de universiteit echter bleek huiswerk maken van een geheel andere orde, met name wat betreft het inleverhuiswerk. Om het huiswerk te kunnen maken, was niet alleen een goed begrip van de theorie nodig, wat al een behoorlijke uitdaging was, ook vergde het een flinke dosis creativiteit en inzicht om in te zien hoe de opgaven aangepakt moesten worden of überhaupt te begrijpen wat er gevraagd werd. Soms was ik een hele dag met één inleveropgave bezig en nog had ik hem niet opgelost.

Als het gewone huiswerk niet zo goed ging, was dat niet zo erg: de lastige opgaven werden op het werkcollege besproken. Het inleverhuiswerk moest echter binnen een beperkte tijd ingeleverd worden voor een cijfer. Tijdens werkcollege kon er gewerkt worden aan de opgaven en soms gingen we met een paar medestudenten in de kantine er mee verder. Maar daarna moest ik het toch alleen redden. Soms belde ik met enige schroom een studiegenoot op om hulp te vragen.

Zelfstudie bestaat natuurlijk niet alleen uit sommen maken. Voor mij was het een belangrijk onderdeel van de studie, omdat ik door sommen te maken, de stof beter ging begrijpen en ontdekte waar ik de stof nog niet goed begreep. Het was voor mij ook het studie-onderdeel waar ik de meeste problemen ervoer. Wat vinden andere wiskundestudenten lastig aan wiskunde studeren? Dit heb ik weergegeven in figuur 6.18.



Figuur 6.18: Wat wiskundestudenten lastig vinden aan wiskunde studeren. Gegevens uit de vragenlijsten.

Een stelling bewijzen en abstracte theorie begrijpen zijn onderdelen van het studeren van wiskunde die ongeveer de helft van de ondervraagde wiskundestudenten lastig vinden. Uit eigen ervaring kan ik enige toelichting geven met betrekking tot deze studie-onderdelen:

Om een stelling te bewijzen, moet de student hard maken dat de bewering klopt. Dit kan vaak op verschillende manieren en de student is vrij zelf te bepalen welke manier te gebruiken. Het is echter a priori niet duidelijk welke manieren er zijn en welke zullen werken. Zeker in het begin van de studie is het onduidelijk wat een bewijs precies is, hoe het aangepakt moet worden en wanneer je weet dat het klopt. Dit wordt duidelijker in de loop van de studie, maar het creatieve proces van zoeken naar een werkende methode blijft van belang. Het creatieve aspect wordt ook vaak lastig gevonden door wiskundestudenten (zie figuur 6.18).

Abstracte theorie is lastig omdat het hebben van een beeld bij de stof van belang is om de stof echt te begrijpen, maar dat is bij abstracte materie juist zo lastig. Dit onderwerp wordt verder toelicht in paragraaf 6.3.5.

Niet verder kunnen, en dan?

Tijdens de interviews heb ik gevraagd hoe het is als je tijdens het studeren niet verder kunt, omdat je de stof of de opgave niet snapt:

‘Als ik een som aan het maken ben en ik kom er niet uit, dan denk ik terug aan andere keren dat het ook niet lukte. Ik weet niet hoe verder te gaan en schiet af en toe helemaal in de stress. Maar eigenlijk moet je dat een beetje relativëren, jezelf kalmeren en gewoon weer verder gaan, want als je helemaal in de stress gaat zitten werken, lukt het ook niet.’ - *Sanne*

‘Als ik niet uit mijn huiswerk kom, ga ik even wat anders doen. Vaak kan ik het dan beter relativëren, er nuchterder over denken; ‘Jammer dan als ik het niet kan’. Ik pak daarna vaak een andere opgave en als die dan wel lukt, word ik daar weer vrolijker van. Je hoeft ook niet daadwerkelijk alle opgaven te maken, dus als ik genoeg andere opgaven maak, is het ook goed.’ - *Gonny*

‘Als iemand zegt ‘het zit toch zo en zo’ en ik zie het niet, dan is dat vervelend, dan voel ik me minder slim. Als ik het niet snap, probeer ik er gewoon nog even over na te denken. Vaak is het niet zo dat ik het niet kan begrijpen, maar dat ik het minder snel begrijp. Ik ben tot nu toe niets tegengekomen waarvan ik dacht ‘dat begrijp ik echt niet.’ - *Wendy*

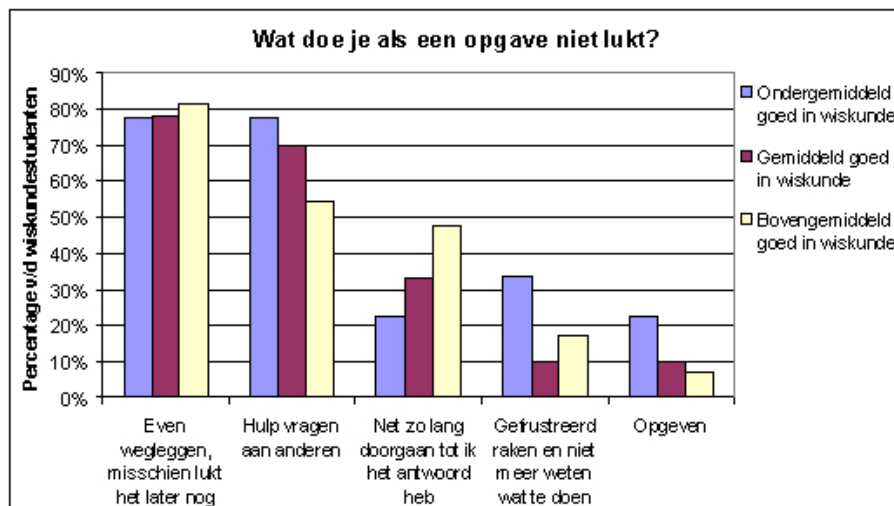
‘Als je je gaat stukbijten op dingen waarvan je het antwoord niet ziet, dan word je daar gewoon chagrijnig van. Soms heb je geen keuze en moet je wel doorgaan, maar het is juist heel goed om het weg te leggen en even wat anders te doen, ook al heb je daar eigenlijk de tijd niet voor. Je kan ook met een andere opgave verder gaan, maar als je zes opgaven moet maken en ze zijn alle zes ontzettend moeilijk, dan heeft dat ook geen zin. Je kan niet over zes moeilijke dingen tegelijk nadenken.’ - *Harm*

‘Als je er niet uit komt is er altijd wel iemand anders die een goed idee heeft. Het is sowieso handig om het huiswerk met meer mensen te maken, want ik kan me voorstellen dat er echt veel tijd in gaat zitten als je het in je eentje doet.’ - *Thijs*

De studenten beschrijven veel verschillende manieren om om te gaan met een tegenslag tijdens het doen van wiskunde: voorbeelden uitwerken, het dictaat doorlezen, jezelf kalmeren, de situatie relativëren, hulp vragen en samenwerken. Deze laatste vier strategieën vallen onder de zogeheten affectieve en metacognitieve leeractiviteiten (zie paragraaf 5). Deze leeractiviteiten komen in de literatuur over het leren van wiskunde weinig aan bod, maar blijken voor de geïnterviewde studenten van belang te zijn bij het leren van wiskunde. Om de rol van de verschillende strategieën duidelijker in beeld te krijgen, heb ik er naar gevraagd in de vragenlijsten, zie figuur 6.19 voor de resultaten.

Wat opvalt is dat de meeste genoemde strategieën, de opgave even wegleggen, hulp vragen en doorgaan tot het antwoord gevonden is, constructief zijn, direct of indirect.

Er blijken verschillen te zijn tussen studenten die zichzelf hoog of laag inschatten wat betreft hun wiskundige capaciteiten: studenten die een lager wiskundig zelfbeeld hebben zijn gemiddeld meer geneigd hulp te vragen dan wiskundestudenten die zichzelf bovengemiddeld inschatten, zie figuur 6.19. Andersom zijn studenten die bovengemiddeld goed zijn juist meer geneigd door te zetten tot de oplossing gevonden is.



Figuur 6.19: Wat wiskundestudenten doen als een opgave niet lukt, opgesplitst naar wiskundig zelfbeeld. Gegevens uit de vragenlijsten

Samenvatting

Wat studenten vertellen over tegenslagen tijdens de zelfstudie

Studiegedrag

Studenten passen dan de volgende strategieën toe:

1. De opgave even opzij leggen (80% van de wiskundestudenten genoemd als strategie):
 - Een andere opgave maken; niet elke opgave hoeft gemaakt te worden
 - Op tijd pauzeren en wat anders doen; te lang doorgaan is contraproductief en belemmert het creatief denken
2. Hulp vragen aan anderen (65% van de wiskundestudenten):
 - Samenwerken; anderen kunnen helpen nieuwe inzichten te krijgen en dat geeft vertrouwen waardoor het ook beter gaat.
 - Hulp vragen; je kan niet alles alleen, door hulp kan je zelf weer verder
3. Net zo lang doorgaan tot het antwoord gevonden is (37%):
 - Voorbeelden uitwerken; om een gevoel te krijgen voor wat er geldt en wat niet
 - Dictaat doorlezen; de bijbehorende theorie doornemen
 - Genoeg tijd erin stoppen; doorzetten en niet direct opgeven (éénderde van de studenten gaat net zolang door tot het antwoord gevonden is)
4. Gefrustreerd raken en niet meer weten wat te doen (15%):
 - Negatieve gedachten en gevoelens bestrijden; negeren of bewust jezelf kalmeren
 - Relativeren; door niet teveel druk heb je minder last van stress
5. Opgeven (10%)

Affectie

- Tegenslagen bij het doen van wiskunde veroorzaakt zowel positieve als negatieve emoties. Telkens 30% van de wiskundestudenten voelt zich door tegenslagen:
 - uitgedaagd, geïrriteerd, dom (met name vrouwelijke wiskundestudenten), normaal (bij masterstudenten meer dan bij bachelorstudenten)
- Vrouwelijke wiskundestudenten hebben bij tegenslagen meer negatieve emoties dan mannen.
- Mannelijke wiskundestudenten zijn meer geneigd bij tegenslagen te vertrouwen op een goede afloop.

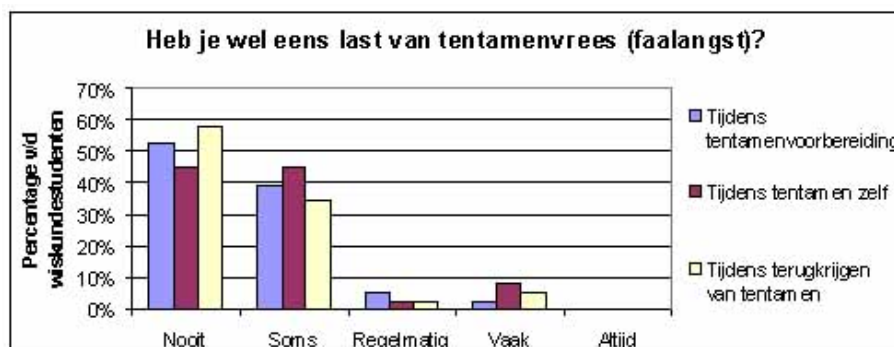
Figuur 6.20: Uitkomsten uit de interviews en vragenlijsten met betrekking tot tegenslagen tijdens zelfstudie.

6.2.3 Het gaat niet goed op het tentamen

De meest duidelijke tegenslag in een studie is een onvoldoende halen voor je tentamen. In de interviews zijn tentamens weinig aan bod gekomen en in de vragenlijst in eerste instantie ook. Om toch iets over tentamens te kunnen zeggen, heb ik een tweede vragenlijst afgenomen onder de studenten die hun contactgegevens op de eerste vragenlijst hadden geschreven.

Tentamenvrees?

Problemen op een tentamen, of daarvoor al, kunnen veroorzaakt worden door tentamenvrees, oftewel faalangst. Hebben wiskundestudenten daar veel last van? Zie figuur 6.21. Veel wiskundestudenten



Figuur 6.21: Hoe vaak wiskundestudenten last hebben van tentamenvrees, uitgesplitst naar voor, tijdens of na het tentamen.

hebben er wel eens last van, ofwel tijdens het leren voor een tentamen, ofwel tijdens het tentamen zelf ofwel tijdens het terugkrijgen van het tentamen. De aantallen zijn helaas klein, maar het lijkt erop dat met name vrouwen last hebben van tentamenvrees tijdens de voorbereiding (ruim meer dan de helft van de vrouwen versus een kwart van de mannen).

Een slecht cijfer

Voor mijzelf was een onvoldoende terugkrijgen altijd een flinke tegenvaller. Het voelde als een bevestiging van mijn beperkte capaciteiten. Ik probeerde de slechte cijfers zo snel mogelijk te vergeten en gewoon door te gaan met waar ik mee bezig was. Een indruk van hoe andere studenten tentamencijfers ervaren:

‘Tijdens het tentamen had ik al wel door dat het slecht ging, maar niet zó slecht. Toen ik tegen opgaven aanliep die helemaal niet gingen, dacht ik van ‘oh, ik had er toch harder aan moeten werken, ik had meer door moeten nemen.’ Toen ik de onvoldoende terugkreeg zat ik wel even te balen, maar ik was al lang blij dat het niet meetelde. Nu ben ik extra gemotiveerd om er aan te werken, want ik weet dat als ik nu tentamen zou krijgen, ik ’m niet zou halen.’
- *Sanne*

‘Tijdens het tentamen gingen sommige opgaven niet helemaal goed. Dat had ik ook wel verwacht, dus deed het me niet zoveel. Toen ik de tentamencijfers terugkreeg, bleek ik voor Analyse en Lineaire Algebra een vijf te hebben. Ik was er best tevreden over. Het was ongeveer hetzelfde als het gemiddelde van alle studenten. Een vijf betekent dat je er toch iets van snapt. Ik had ook wel zoiets verwacht. Geen voldoende, maar ook geen zware onvoldoende.’ - *Thije*

‘Als ik een slecht cijfer terugkrijg, denk ik: ‘waarom heb ik zo’n laag cijfer?’. Sowieso ben ik wel onzeker wat de tentamens betreft. Een paar dagen voor een tentamen begin ik te twijfelen. Ik heb dan alles geleerd, maar ben bang dat het toch niet genoeg is.’ - *Gonny*

Net voldoende

Een andere vraag die ik mij stelde, is hoe studenten tegen een zes aankijken. Omdat voor mijzelf sommige vakken moeilijk haalbaar waren, moest ik mij soms tevreden stellen met een zesje. Toch bleef zo’n cijfer zes wel een beetje knagen; het is wel echt het minimum. Wat vinden andere wiskundestudenten daarvan?



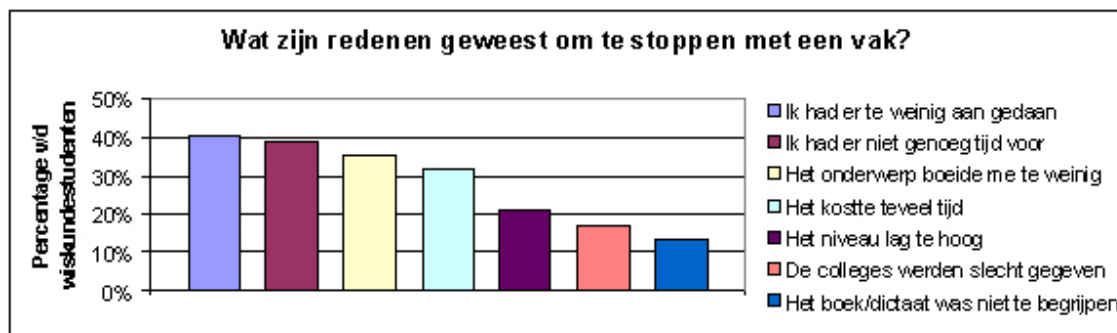
Figuur 6.22: Wat wiskundestudenten denken als ze een zes voor een tentamen halen.

Wat mij opvalt is dat weliswaar de meerderheid van de studenten tevreden is met een zesje, maar dat een hoog percentage wiskundestudenten zegt een tentamen over te willen doen als ze er ‘een zesje’ voor gehaald hebben. Zelf heb ik dit ook wel eens gedacht, omdat ik soms meende een hoger cijfer te kunnen halen, maar uit tijdgebrek heb ik het nooit gedaan. Dit speelde bij andere studenten in mijn omgeving ook een belangrijke rol, hoewel zij soms wel daadwerkelijk een al gehaald tentamen overdeden.

Al gestopt vóór het tentamen

Het kan gebeuren dat een student van sommige vakken nooit tentamen doet, doordat hij/zij voortijdig stopt met het vak. Uit de vragenlijsten blijkt dit niet zo vaak voor te komen: 44% van de wiskundestudenten is nog nooit gestopt met een vak en nog eens 49% geeft aan dat soms gedaan te hebben. 7% van de student is regelmatig of zelfs vaak met een vak gestopt.

Stoppen met een vak komt weliswaar niet overdreven veel voor, maar kan wel een signaal zijn dat er iets niet goed zit. 84 van de 155 ondervraagde wiskundestudenten gaven redenen op waarom zij gestopt zijn met een vak, zie figuur 6.23. De belangrijkste redenen om te stoppen met een vak is dat de student niet genoeg gedaan heeft aan het vak en/of er te weinig tijd voor had. De ondervraagde wiskundestudenten geven als oorzaken voor te weinig tijd voornamelijk aan; teveel vakken volgen, dat andere vakken teveel tijd kostten en extracurriculaire activiteiten die tijd vragen.



Figuur 6.23: Redenen voor wiskundestudenten om te stoppen met een vak.

Samenvatting

Wat wiskundestudenten vertellen over tegenslagen bij tentamens

Studiegedrag

- Soms stopt een student voortijdig met een vak. Slechts 7% van de studenten doet dit regelmatig tot vaak.
- De voornaamste reden om te stoppen met een vak is gebrek aan tijd/inzet; de student heeft er te weinig aan gedaan en/of heeft er te weinig tijd voor (genomen).
- Ruim de helft van de wiskundestudenten geeft aan tevreden te zijn met een krappe voldoende voor een tentamen.
- Vier op de tien wiskundestudenten geeft aan (geneigd te zijn) een tentamen over te willen doen als het cijfer een krappe voldoende is.

Affectie

- De geïnterviewde eerstejaars ervaren een onvoldoende (die niet mee telt) niet per se als demotiverend.
- Niet geboeid zijn door het onderwerp, slecht onderwijs en/of een te hoog niveau zijn andere zaken die door studenten onderschreven worden als reden om te stoppen met een vak.
- Ook wiskundestudenten halen onvoldoendes voor wiskundetentamens.

Figuur 6.24: Uitkomsten uit de interviews en vragenlijsten met betrekking tot tegenslagen bij tentamens

6.3 Opvallende indrukken

Tijdens het afnemen van de interviews vielen sommige onderwerpen op doordat ze vaak ter sprake kwamen en door de verschillende studenten op vergelijkbare wijze of juist op heel verschillende manieren bekeken werden. Deze onderwerpen heb ik gedurende het afnemen van de interviews steeds verder uitgediept tot thema's van mijn onderzoek. In de volgende paragrafen zal ik deze thema's beschrijven, aan de hand van citaten proberen een representatief beeld te geven van de ervaringen en meningen van de twaalf door mij geïnterviewde Leidse wiskundestudenten en enkele gerezen vermoedens staven aan de hand van gegevens uit de vragenlijsten die door 153 Leidse, Delftse en Amsterdamse wiskundestudenten zijn ingevuld.

6.3.1 Samenwerken

‘Ik dacht dat wiskundigen altijd in hun eentje in een klein donker kamertje zaten te werken’ - Birgit, studente wiskunde

Bij het afnemen van de interviews waren mijn vragen in eerste instantie gefocust op negatieve ervaringen tijdens de wiskundestudie. Ik vroeg de Leidse wiskundestudenten hoe zij omgingen met situaties waarin ze niet meer wisten hoe ze verder moesten. De rol die samenwerken hierbij toegeschreven krijgt maakte bijzondere indruk op mij.

Samenwerken helpt

Samenwerken bleek voor veel wiskundestudenten positieve effecten te hebben, zowel inhoudelijk, qua begrip van de wiskunde, als persoonlijk, qua gevoelens en beleving.

‘Ik zit ook wel eens vast. Maar er zijn altijd dingen die je nog kunt doen. Naar anderen toe gaan, samen met anderen gaan denken. Er met anderen over praten maakt dat het beter gaat. Met mensen die een beetje op dezelfde manier, hetzelfde niveau denken, kan je er stap voor stap uitkomen. Dat is heel mooi. Het helpt zeker bij complexe problemen; je gaat er een avondje over praten, het probleem uitleggen, dingen die je raar vindt bespreken of mogelijke oplossingen uitleggen. Dan merk je dat je er bewuster over na gaat denken.’ - Pieter

‘Ik zou meer samen moeten werken. Je kan niet alles zelf bedenken. Soms zit je gewoon vast. Het kan helpen om de opgave gewoon even te laten liggen; soms zie je dan een paar dagen later ineens hoe het moet. Maar als je met iemand samenwerkt, dan kan de ander je op dat idee brengen. Je kan elkaar zo helpen in die denkprocessen.’ - Harm

‘We gingen meestal met een groepje studenten bij elkaar zitten en naar de opgaven kijken. Waar het dan vaak op neer kwam, was dat één van ons een inzicht kreeg over hoe de opgave in elkaar zat. Die legde het uit aan de anderen, die het dan min of meer konden volgen. De ene keer was het de één en de andere keer was het de ander die dat inzicht had.’ - Birgit

‘Als ik samenwerk heb ik het gevoel dat als ik de opgave echt niet meer kan dat er ook nog iemand anders is die de kar wel gaat trekken. Het hangt dan niet allemaal van mij alleen af. Ik heb er dan eerder vertrouwen in dat het gaat lukken.’ - Thomas

Samenwerken frustrreert

Het contact met andere wiskundestudenten kan echter ook negatieve effecten hebben. Met name als anderen ‘sneller’ zijn, wordt dat onprettig gevonden.

‘Tijdens werkcolleges werk ik meestal samen en dat bevalt goed. Je kan vragen aan elkaar stellen als je iets niet snapt, dat gaat over en weer. Ieder geeft op z’n eigen manier uitleg. De één geeft een hint, probeer dat en dat eens, de ander laat z’n eigen uitwerking zien. Dat anderen het sneller snappen dan ik, voelt wel vervelend.’ - Thijs

‘Wat ik vervelend vond, is bijvoorbeeld als je met zijn vieren iets doet en drie begrijpen het al precies en ik ben de enige die het nog niet begrijpt. Dat is natuurlijk heel erg. Dan heb ik het gevoel ‘Ojee, nu kan ik niet meer volgen wat ze allemaal zeggen’ en ga ik ook vragen ‘wat, wat, wat, hoe zit dat?’. Ik wil dan snel bijkomen zodat ik ook verder kan gaan. We moeten toch met zijn allen die opdracht afmaken. Meestal neemt één iemand dan even de tijd voor mij en dan snap ik het wel weer. Dan is het weer goed.’ - Thomas

‘Ik werk veel alleen, want ik vind het vervelend als ik mensen dingen voorzeg en ook als anderen mij dingen voorzeggen. Het is lastig mensen te vinden die op hetzelfde niveau zitten, dat je op hetzelfde moment dingen snapt of dat het de ene keer de één is en de andere keer de ander die ergens achter komt. Bij werkcolleges werk ik trouwens wel vaak samen.’ - *Wendy*

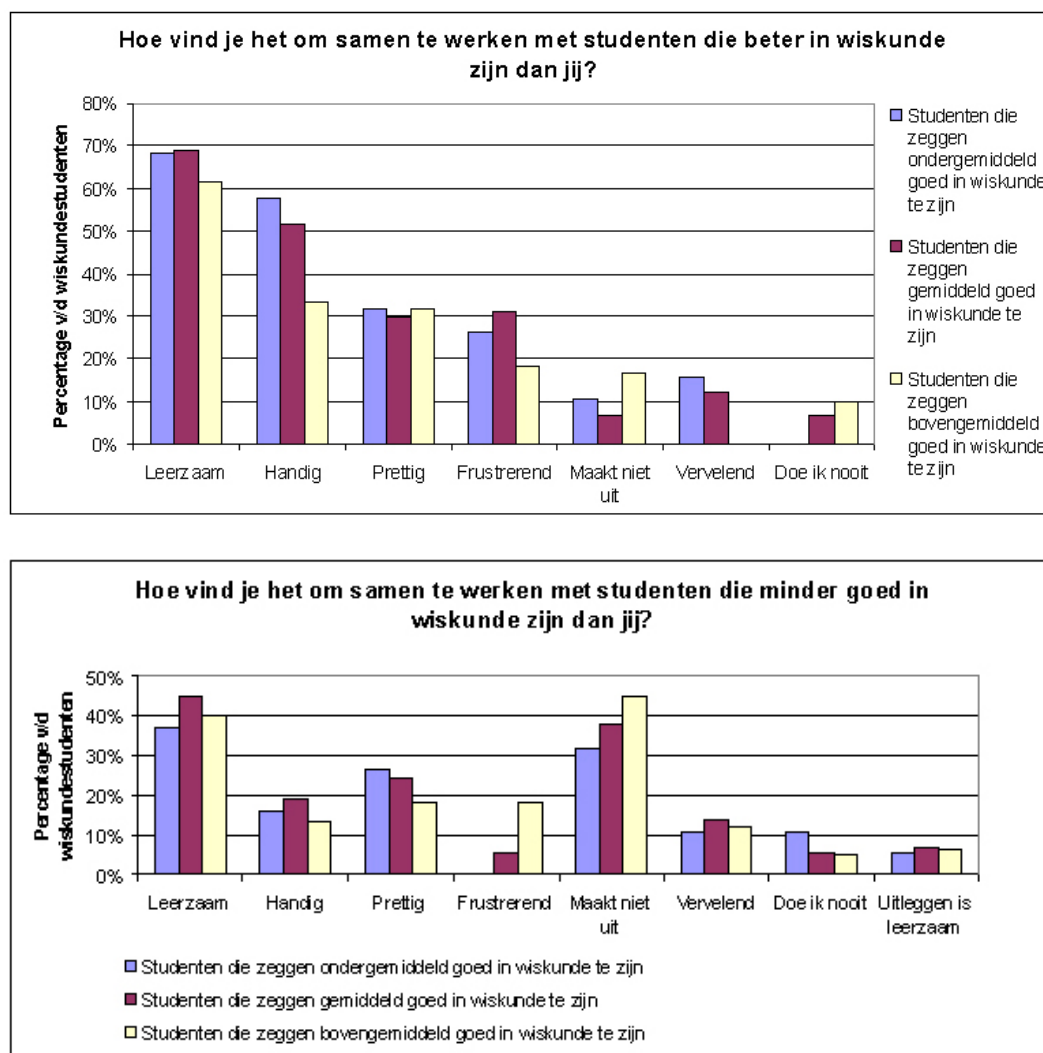
De geïnterviewde studenten noemen een beter begrip van de wiskunde, grotere efficiëntie en meer vertrouwen in het kunnen afronden van de opdracht als positieve effecten van samenwerken. Samenwerken heeft ook zijn keerzijde, met name als er verschil is in niveau. Er is in de interviews dan ook een aantal keer de voorkeur uitgesproken voor samenwerken met studenten van ongeveer gelijke capaciteit.

Om de ervaringen van wiskundestudenten met samenwerken beter te kunnen beoordelen, vergelijk ik in figuur 6.25 wat wiskundestudenten vinden van samenwerken met respectievelijk wiskundestudenten die beter of minder goed in wiskunde zijn dan zij zelf, uitgesplitst naar het zelfbeeld van de studenten. De gegevens in figuur 6.25 maken duidelijk dat de negatieve ervaringen met samenwerken met studenten die beter of minder goed in wiskunde zijn, minder hevig zijn dan de positieve ervaringen.

Aan samenwerken met studenten die minder goed in wiskunde zijn dan de student zelf, wordt een niet zo sterk waardeoordeel gehangen. ‘Maakt niet uit’ is door één op de drie studenten aangegeven als passend antwoord. Gemiddeld genomen vindt 42% van de studenten samenwerken met minder goede studenten leerzaam. Als opmerking is er vaak bijgeschreven dat uitleggen leerzaam is, bijdraagt aan het eigen begrip van de stof.

Samenwerken met studenten die beter in wiskunde zijn dan de student zelf, wordt door de helft tot driekwart van de studenten als leerzaam en/of handig ervaren, wat veel meer is dan bij samenwerken met minder goede studenten. Er komen echter ook meer frustraties kijken bij het samenwerken met studenten die beter in wiskunde zijn; voor 26% van de wiskundestudenten tegenover 10% van de wiskundestudenten bij het samenwerken met minder goede studenten. Dit zou kunnen samenhangen met de meest gegeven redenen om minder samen te werken: ‘ik kan niet rustig nadenken met anderen er bij’, ‘ik weet dan niet of ik het zelf kan’ en ‘ik vind het vervelend als anderen het sneller weten’.

Tot slot valt mij op dat er in de beleving van samenwerken met studenten die beter of juist minder goed zijn in wiskunde, niet zo’n groot verschil tussen de meer en minder getalenteerde studenten zit.



Figuur 6.25: Wat wiskundestudenten vinden van samenwerken met studenten die beter of minder goed in wiskunde zijn dan zichzelf, opgesplitst naar wiskundig zelfbeeld. Gegevens uit de vragenlijsten.

Je moet het zelf kunnen

Toen ik de studenten hoorde vertellen over het gemak en de efficiëntie van samenwerken, begon ik mij af te vragen in hoeverre studenten zich druk maken over het feit dat de opdrachten studiepunten opleveren. Is het dan niet oneerlijk om het niet alleen te doen? En zou je je geen zorgen moeten maken als je een opgave niet zelf kan maken?

‘Als ik niet uit mijn huiswerk kom, dan frustreert dat. Ik vraag me dan af waarom ik het niet eerder heb opgegeven, omdat ik dan denk dat ik eerder in had kunnen zien dat het heel lastig zou worden of dat ik gewoon hulp had kunnen vragen. Dat doe ik heel weinig, omdat ik het gevoel heb dat ik mijn huiswerk zélf moet maken. Dat zeggen ze trouwens nooit bij wiskunde, dat je het helemaal zelf moet maken, maar dat zit er bij mij toch wel in.’ - *Wendy*

‘Bij college zit ik altijd wel naast iemand, maar huiswerk maak ik alleen. Ik vraag het alleen aan anderen als ik het ècht niet begrijp, want als ik het half begrijp, dan kan ik het ook helemaal begrijpen. Als ik op de helft gekomen ben, kan ik ook verder. Daarnaast, het komt er uiteindelijk op aan of ik het kan, dus op zich zou ik alles wel zelf moeten kunnen.’ - *Alexander*

Je kan niet alles alleen

De door mij geïnterviewde wiskundestudenten gaven aan de opdrachten wel zelf te willen doen, maar dat dat niet altijd lukt.

‘Ik had geaccepteerd dat ik het huiswerk niet kon maken, maar dat is uiteindelijk niet goed, want je moet het toch kunnen. Later heb ik het aan een medestudent gevraagd. Het was nog wel lastig, maar we kwamen wel wat verder. Dat voelde best goed. Dat ik het huiswerk niet helemaal alleen gedaan had vond ik niet erg, ik vond het juist fijn om met iemand samen te werken.’ - *Thije*

‘Ook als ik met inleveropdrachten bezig ben, vraag ik hulp aan anderen. Het is dan misschien wel huiswerk, maar ik wil het graag snappen, het is tenslotte ook gewoon stof voor het tentamen. Ik kan me wel voorstellen dat niet iedereen het prettig vindt om inleveropgaven uit te leggen, omdat je dan eigenlijk spiekt, maar zo zie ik het niet. Ik wil het gewoon snappen, daar gaat het om en daarom vraag ik het ook gewoon.’ - *Sanne*

‘Ik vind het onzin te zeggen dat je alles zelf zou moeten doen. Als je dat zou willen, dan is deze opleiding sowieso te moeilijk. Het is ook niet goed, want je krijgt dan allemaal autonome wiskundigen die alles zelf doen. Dan bedenken ze iets, wat gepubliceerd wordt, waar iedereen even naar kijkt en denkt ‘leuk’, waarna ieder weer doorgaat met zijn eigen onderzoek. Zo gaat kennis verloren. Daarom is het belangrijk dat er wordt samengewerkt. Ik zeg niet dat je sommige dingen niet zelf moet kunnen, maar als dingen echt heel lastig zijn, en dat is vaak het geval, vooral met het huiswerk dat je in moet leveren, dan is het handig als je met z’n tweeën werkt. Dat wordt ook wel gestimuleerd hier. Sommige docenten zeggen; ‘maak met z’n tweeën of in een groepje huiswerk en schrijf het vervolgens zelf nog een keer op. Zorg dán dat je het snapt.’ - *Harm*

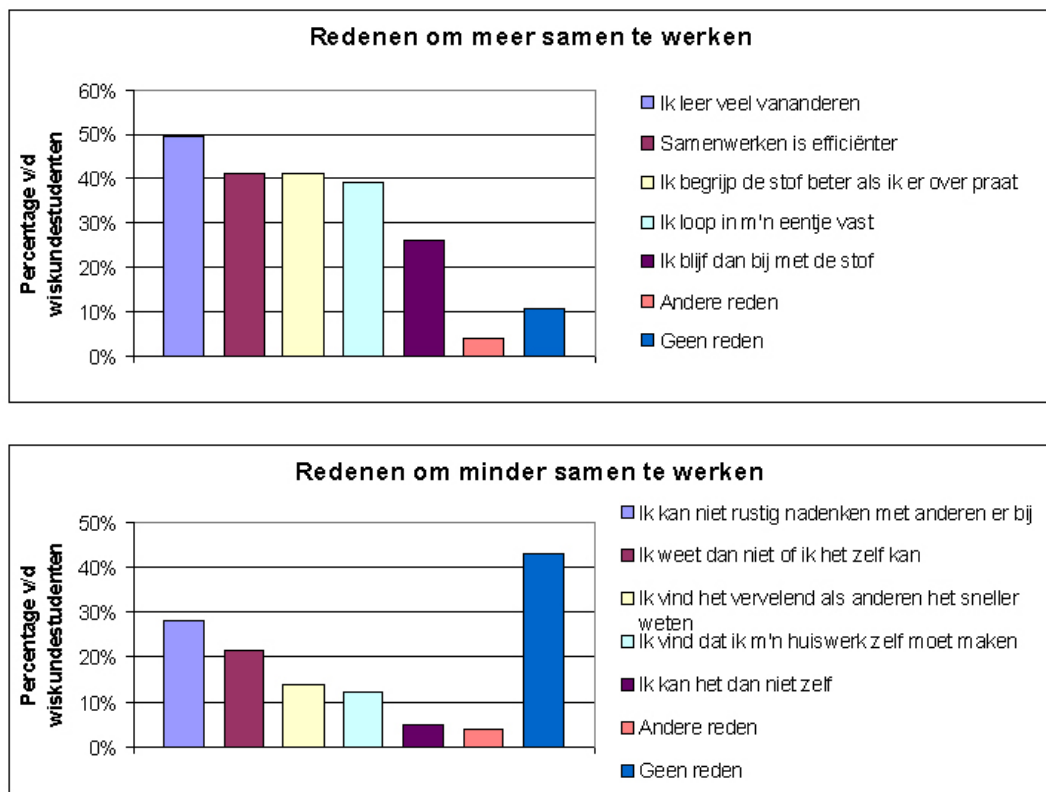
‘Ik heb geen problemen met hulp te vragen aan een docent als ik het niet snap. Het is niet voor niets huiswerk. Het is de bedoeling dat je zelf kijkt hoe ver je komt. Als je het niet ziet, dan vind ik dat je het zeker mag gaan vragen. Ik leg dan aan de docent uit wat ik gedaan heb en dat ik niet weet hoe verder te gaan. Met een tip van de docent kan ik dan weer verder.’ - *Pieter*

Wordt er veel samengewerkt?

Dat alle door mij geïnterviewde studenten over samenwerken vertelden, geeft de indruk dat samenwerken als leerstrategie leeft onder wiskundestudenten en dat wiskunde studeren geen solitaire bezigheid hoeft te zijn, in tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt. Door middel van de vragenlijst heb ik meer inzicht gekregen in de positieve en negatieve ervaringen van wiskundestudenten met samenwerken. 40% van de wiskundestudenten werkt soms samen en ruim de helft van de wiskundestudenten werkt regelmatig of vaak samen, zie figuur 6.4.

Met name ondergemiddeld goede studenten blijken vaak samen te werken. Studenten ervaren nadelen van samenwerken; niet na kunnen denken met anderen er bij, niet weten of je het zelf wel kan en het vervelend vinden als anderen het sneller weten. Toch spelen de positieve ervaringen de boventoon: veel leren van anderen, efficiëntie en in je eentje vast lopen zijn redenen voor studenten om meer te willen samenwerken, zie figuur 6.25.

Deze positieve houding van wiskundestudenten vertoont overeenkomsten met wat Bus [7] geschreven heeft over de ervaringen van wiskundigen. De wiskundigen uit haar onderzoek blijken nauwelijks negatieve effecten van samenwerken te ervaren, maar wel de motivatie, inspiratie en effectiviteiten van samenwerken.



Figuur 6.26: Redenen van wiskundestudenten om meer of juist minder samen te werken. (N.B. Er konden zowel antwoorden aangekruist worden bij 'meer samenwerken' als bij 'minder samenwerken'.)

Samenvatting

Uitkomsten uit de interviews en gesprekken met betrekking tot samenwerken

Studiegedrag

- Vanuit de opleiding wordt het soms geadviseerd om samen te werken bij het maken van huiswerk, ook al telt het mee voor studiepunten.
- Wiskundestudenten verschillen van mening over in hoeverre samenwerken ‘mag’.
- Wiskundestudenten geven aan dat samenwerken tot een beter begrip van de stof leidt.
- Wiskundestudenten werken samen omdat de stof zo moeilijk is, dat het alleen nauwelijks te behapstukken is of omdat het heel veel tijd kost.

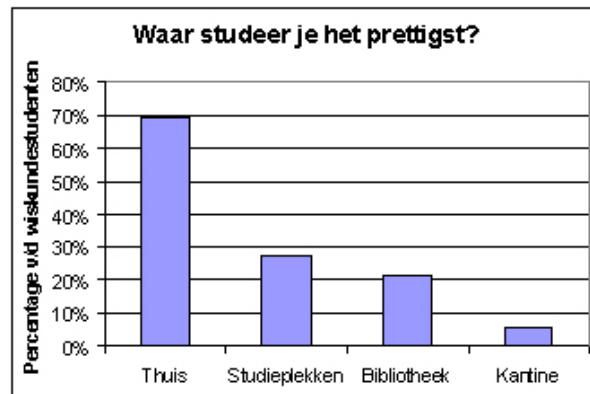
Affectie

- Tijdens het samenwerken is er hulp in de buurt, wat positief kan werken op het zelfvertrouwen.
- De positieve effecten van samenwerken (beter begrip, efficiëntie) domineren de negatieve effecten (twijfel over eigen kunnen, niet goed na kunnen denken met anderen er bij), ook als de studenten verschillen in niveau.

Figuur 6.27: Uitkomsten uit de interviews en vragenlijsten met betrekking tot samenwerken.

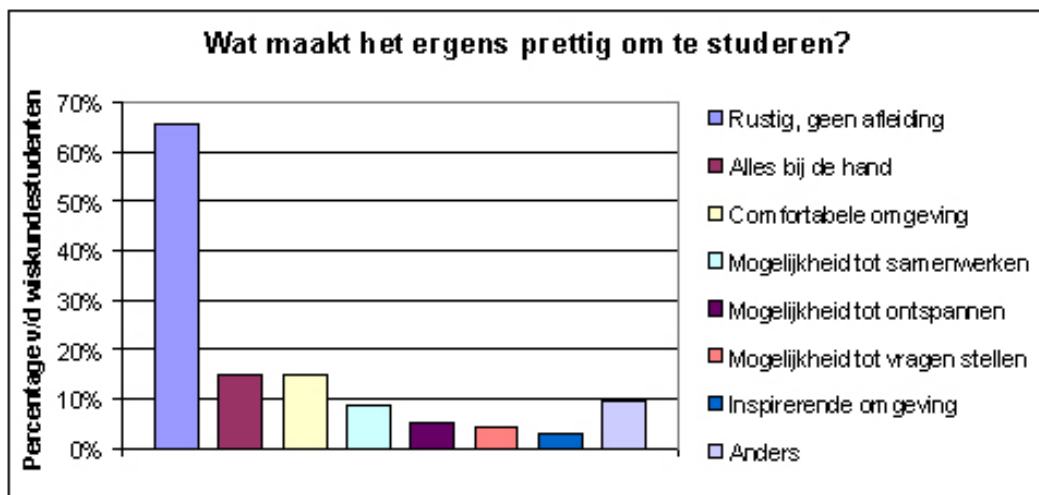
6.3.2 Locatie

Ongeveer de helft van de 40-urige studieweek bestaat uit hoor- en werkcolleges die plaatsvinden op de faculteit. De rest van de tijd bepalen wiskundestudenten zelf waar ze studeren. Waar doen ze dat, waarom en hoe bevalt dat?



Figuur 6.28: Waar wiskundestudenten het prettigst studeren. Gegevens uit de vragenlijsten.

Thuis is veruit de meest favoriete studielocatie, maar ook de rustige locaties op de universiteit, namelijk de bibliotheek en studieplekken, worden gewaardeerd. Rust is de meest opgegeven reden voor de keuze van een studielocatie. Dit is opvallend, gezien het feit dat de door mij ondervraagde wiskundestudenten ook roemen op de voordelen van samenwerken (zie paragraaf 6.3.1).



Figuur 6.29: Oorzaken waardoor het ergens prettig studeren is. Gegevens afkomstig uit de vragenlijsten. N.B. In de vragenlijst waren geen antwoorden voorgedrukt, waardoor studenten veelal maar één reden opgegeven hebben.

Een breder beeld van de voor- en nadelen van de verschillende studielocaties geven de interviews:

‘Huiswerk maak ik voornamelijk thuis. Na college ga ik het liefst direct naar huis om daar huiswerk te maken. Dan kan ik op m’n eigen kamer werken met m’n eigen spulletjes. Ik moet een flink eind reizen naar m’n moeder in Hazerswoude en dat heb ik liever vast gehad, voordat ik sommen ga maken. Tijdens tussenuren maak ik wel huiswerk op de faculteit, samen met medestudenten. We zitten dan in de kantine. Iedereen maakt z’n eigen sommen en als we iets niet weten of iets niet snappen, dan vragen we het aan de anderen die er zitten; of ze het uit kunnen leggen of kunnen laten zien hoe ze het zelf gedaan hebben. Je krijgt niet direct het antwoord, want daar heb je niets aan.’ - *Sanne*

‘Als ik thuis werk en ik loop tegen een lastige opgave aan, dan ga ik eerst de theorie doorlezen. Als het dan nog niet lukt, dan ga ik iemand bellen. Als dat niet kan omdat het erg laat is, dan laat ik het op dat moment zitten. Als ik op de faculteit met zo’n opgave bezig zou zijn, zou ik naar iemand toegaan en het vragen, maar dat heb ik eigenlijk nog nooit gedaan.’ - *Jacob*

‘Ik werk vaak in m’n eentje. Ik weet dat dat niet goed is, dat je beter met meerdere mensen samen kunt werken. Soms werk ik op de faculteit aan mijn huiswerk. Dan kan ik bij docenten binnenlopen als ik niet verder kom. Ik heb dan wel een idee waar ik naartoe wil, maar ik zie dan bijvoorbeeld niet wat ik daarvoor kan gebruiken. Met wat uitleg van de docent kan ik dan weer verder.’ - *Harm*

‘Thuis voel ik me sneller oncomfortabel als een opgave niet lukt dan tijdens werkcollege op de faculteit. Op college vraag ik het sneller aan iemand of laat ik de opgave liggen tot later. Als ik iets niet snap vind ik dat pas vervelend als ik er te lang mee doorga. Op college komt ga ik niet te lang door omdat er mensen om me heen zitten of omdat ik aan het luisteren ben naar de uitleg en de docent is alweer verder. Ik heb dan minder tijd om te gaan nadenken over wat ik voel, over dat ik het irritant vind dat het niet lukt. Thuis ga ik langer door.’ - *Wendy*

‘Als ik thuis mijn huiswerk maak, kan ik het niet aan iemand anders vragen, maar op de faculteit ga ik vaak naar een medestudent of een docent toe als een opgave niet lukt. Ik zeg dan ‘dat stukje lukt me niet, hoe moet ik dat doen?’ of ‘geef me een hint’. Als het me een beetje uitgelegd is, dan blijkt het minder ingewikkeld te zijn dan ik dacht en dan vind ik het ook wel leuk. Ik vraag me dan wel af waarom ik me zo druk maak als het een keertje niet lukt.’ - *Gonny*

‘Als ik in mijn eentje ben, dan denk ik sneller dat andere mensen me dom zullen vinden. Als er andere mensen om me heen zijn, dan blijven ze gewoon normaal tegen me praten, dus dan heb ik die indruk niet zo snel.’ - *Thomas*

Doordat mijn vraagstelling tijdens de interviews gericht was op de gevoelsbeleving van wiskunde-studenten, geven de studenten in bovenstaande uitspraken concrete voorbeelden van hoe voor hun de locatie en het wel of niet alleen werken invloed heeft op de beleving van het wiskundestuderen. In grote lijnen ervaren studenten voordelen van de aanwezigheid van anderen op momenten dat ze tegen een probleem aanlopen bij het bestuderen van de stof. Toch zijn studenten geneigd alleen te studeren, thuis. Als redenen worden genoemd: rustig, geen afleiding, alle spullen (boek, dictaat, computer) bij de hand, comfortabele omgeving (warm, kopje thee, zacht bed).

Samenvatting

Wat wiskundestudenten zeggen over studielocaties

Studiegedrag

- Studeren waar anderen zijn heeft een positief effect op de vorderingen van het huiswerk en/of het bestuderen van de stof.
- Vragen kunnen stellen wordt vaak genoemd als voordeel van studeren op de faculteit.
- Wiskundestudenten geven de voorkeur aan een rustige plek, waar ze goed na kunnen denken en alle benodigde materialen bij de hand hebben, ondanks de voordelen van studeren met anderen in de buurt.

Affectie

- Studenten die (soms) last hebben van negatieve gedachten en gevoelens tijdens het doen van wiskunde, ondervinden daar op de faculteit vrijwel geen hinder van, in tegenstelling tot thuis. Dit komt onder andere door de mogelijkheid vragen te stellen.
- Aanwezigheid van anderen kan ook juist leiden tot negatieve ervaringen, bijvoorbeeld als zij de stof sneller begrijpen.

Figuur 6.30: Uitkomsten uit de interviews en vragenlijsten met betrekking tot de studeerlocatie

6.3.3 Hiërarchie en zelfbeeld

‘Ook echt heel slimme mensen voelen zich nog dom ten opzichte van de mensen die dan toch nog weer slimmer zijn.’ - Thomas, student wiskunde

De aanwezigheid van anderen heeft effect op de beleving van wiskundestudenten; vragen kunnen stellen aan anderen wordt als prettig ervaren, maar je dom voelen of het gevoel hebben anderen dingen voor te zeggen of juist voorgezegd te worden zijn negatieve aspecten. Hoe kijken wiskundestudenten tegen de onderlinge verhoudingen aan? En wat vinden wiskundestudenten van hun eigen kunnen, hun wiskundig talent?

‘Op het VWO hoorde ik bij de betere leerlingen. Hier op de universiteit is dat niet zo duidelijk, dat moet je een beetje aftasten: wie ben je, wat kun je en hoe doe je het? Er vindt een zekere ordening plaats, vooral in het eerste jaar. Na het eerste jaar blijft die ordening constant, ongeacht de prestaties. Ik zit vrij hoog in die ordening. Het is wel prettig om boven het gemiddelde te zitten.’ - Pieter

‘In het begin dacht ik dat ik de enige was die er niet uit kwam. Gaandeweg ben ik er achter gekomen dat er meer mensen zijn die het ook niet snappen. Toen ben ik het meer gaan accepteren dat ik het niet altijd snap en ging ik me wel beter voelen.’ - Thijs

‘Je wilt eigenlijk niet aan de docent laten zien dat je het compleet niet kan volgen. Tegenover de andere studenten is het anders; meestal is het zo dat als ik het niet snap, dat zij het dan ook niet snappen. Dan is het ook niet zo erg om het aan hen te laten merken.’ - Birgit

‘Toen ik hier net kwam, dacht ik dat ik er helemaal niets van begreep. Ik kreeg een 5 voor Analyse, wat mijn eerste onvoldoende was voor wiskunde ooit. Ik was teleurgesteld en ook wel een beetje wanhopig. Kon ik het wel? Ik twijfelde. Maar er bleken ook nog zwaardere onvoldoendes gevallen te zijn en dat hielp wel. Toen kon ik het wel relativeren. Ik dacht ‘zo erg is het niet, blijkbaar is het gewoon moeilijk en moeten we het gewoon nog leren.’ Nu heb ik het gevoel dat ik weliswaar niet tot de allerbeste maar wel tot de betere studenten behoor.’ - Wendy

‘Ik ben niet de enige die Topics in Geometry moeilijk vindt. Ik wéét dat ik niet de beste ben. Ik ben wel goed, maar zelfs de besten hebben er moeite mee, ook als ze samenwerken. Dat is voor mij een richtlijn dat het ook echt moeilijk is. Ik denk dat het voor iedereen belangrijk is, fijn is te weten dat je niet de enige bent die het moeilijk en zwaar heeft met de opgaven.’ - Harm

‘Het tempo ligt erg hoog en je moet heel erg hard werken. En ik moet echt hard werken om het tempo bij te houden. Ik was altijd een middelmatige VWO-leerling en wiskunde is natuurlijk een pittige studie. Misschien dat op een gegeven moment het niveau te hoog komt te liggen, dat het te lastig wordt, dat ik het niet bij kan benen.’ - Sanne

‘Ik beschouw mezelf als een gemiddelde student. Op de middelbare school was het anders, toen was ik wel de top. Ik was altijd de tweede in de klas. Maar ik had ook wel verwacht dat het hier anders zou zijn. Je komt hier met allemaal slimme mensen.’ - Thomas

Zelfbewust

Uit de interviews komt een beeld naar voren, dat ik ken uit mijn eigen wiskundestudie en waar ik mij altijd over verbaasd heb: wiskundestudenten zijn zich heel bewust van hun eigen capaciteiten ten opzichte van anderen en praten daar op een ongedwongen manier over. In de interviews werd er overigens wel vaak iets bij gezegd als ‘het klinkt misschien wat raar om dat over jezelf te zeggen’. Een enkeling behoort tot de top en zegt dat ook, maar ook de student onderaan de wiskundige hiërarchie komt daar open voor uit.

Dat wiskundestudenten zich zo bewust zijn van hun capaciteiten, ook in vergelijking tot anderen, komt volgens mij doordat in de wiskundestudie studenten de grenzen van hun capaciteiten moeten opzoeken (zie paragraaf 6.3.4):

‘Wiskunde kan je zo moeilijk maken als je zelf wilt. Je kan nooit alles weten. Er zijn altijd dingen die nóg moeilijker zijn. Als je die eindelijk snapt, dan is er altijd iets waar je mee verder kan. Het houdt nooit op.’ - *Peter*

Welk effect heeft een meer of minder positief beeld van het eigen wiskundig talent in vergelijking met anderen? In de interviews gaven de wiskundestudenten aan dat het prettig is mensen ‘onder’ je te hebben. Studenten ‘boven’ je vormen ook een maatstaf; als zij de stof moeilijk vinden, dan is het ook echt moeilijk. Algemeen draagt het besef niet de enige te zijn die het moeilijk vindt bij aan een positiever zelfbeeld. Vergelijken met anderen is echter niet het enige dat een rol speelt; uiteindelijk moet de studie gehaald worden. Niet iedereen is ervan overtuigd dat dat hem/haar zal lukken.

In de vragenlijst heb ik wiskundestudenten gevraagd hoe goed ze zelf vinden dat ze zijn in wiskunde, op een schaal van 1 tot 5, waarbij 1 staat voor de zwakkeren en 5 voor de besten. De antwoorden op deze vraag (zie figuur 6.31) gebruik ik in mijn onderzoek om andere aspecten nader te bekijken. Ik ga er daarbij min of meer van uit dat het beeld dat wiskundestudenten hebben van hoe goed ze zijn in wiskunde, overeenkomt met de feiten (voor zover dit überhaupt te kwantificeren is). Dit heb ik aangedurfd, juist omdat wiskundestudenten zich heel erg bewust zijn van hun positie ten opzichte van anderen. Uit ervaring weet ik dat deze positie niet alleen bepaald wordt door de cijfers, maar ook door ervaringen tijdens bijvoorbeeld het gezamenlijk maken van huiswerk en het volgen van college: studenten die de stof sneller snappen zijn ‘beter in wiskunde’. Een onzekere factor blijft natuurlijk het verschil tussen hoe goed iemand dént te zijn in wiskunde en het daadwerkelijke niveau.

Ongeveer de helft van de ondervraagde wiskundestudenten geeft aan zichzelf gemiddeld goed in wiskunde te vinden. 40% van de wiskundestudenten vindt zichzelf tot de beteren of besten behoren. Dit rijmt met de idee dat wiskundestudenten goed in wiskunde zijn. Ruim 10% van de wiskundestudenten vindt dat hij/zij zwakker in wiskunde is dan de gemiddelde wiskundestudent.

De verdeling van positief of minder positief beeld van het eigen wiskundig kunnen is vrijwel gelijk tussen de verschillende universiteiten en mannen en vrouwen. Onder masterstudenten zijn er duidelijk minder studenten die zichzelf ondergemiddeld goed (1 of 2 op de gebruikte schaalverdeling) beschouwen. Dit zou kunnen komen doordat de minder goede studenten niet doorgaan tot de master of doordat ze zichzelf positiever in gaan schatten (ze hebben immers de bachelor afgerond, dus ze zijn best goed in wiskunde).

Welke verschillen er zijn tussen studenten die zichzelf gemiddeld, bovengemiddeld of ondergemiddeld goed vinden in wiskunde, komen in paragraaf 7.2.4 aan bod.



Figuur 6.31: Antwoorden van wiskundestudenten op de vraag: Hoe goed ben je nu in wiskunde, schat je, op een schaal van 1 tot 5? (1 = ik behoor tot de zwakkeren, 5 = ik behoor tot de besten)

Wiskundestudenten versus andere studenten

Tijdens mijn wiskundestudie proefde ik de houding dat wiskundestudenten zichzelf slimmer vonden dan andere studenten. Er heerste het gevoel dat ‘wij’ een superieure studie doen. Om het draagvlak van deze mening te peilen, heb ik in de vragenlijst de vraag opgenomen of studenten het eens zijn met de uitspraak ‘Wiskundestudenten zijn slimmer dan andere studenten’. Deze vraag lokte heftige reacties uit:

- Slaat nergens op!
- Wiskunde is essentieel voor de kenniseconomie. Wiskundigen zouden wat minder timide, wat minder netjes (beschaafd) moeten zijn.
- Wiskunde is moeilijker dan andere studies.
- Wiskundestudenten zijn meestal slimmer dan andere studenten.

Gemiddeld 29% van de wiskundestudenten onderschrijft de uitspraak dat wiskundestudenten slimmer zijn dan andere studenten, wat ik een vrij fors percentage vind, maar wat ook duidelijk maakt dat het merendeel van de studenten deze uitspraak níet onderschrijft.

Samenvatting

Wat wiskundestudenten zeggen over hiërarchie en zelfbeeld

Affectie

- Slecht scoren of de stof moeilijk vinden is niet zo erg zolang je niet de enige/de slechtste bent.
- Ook wiskundestudenten met een bovengmiddeld wiskundig zelfbeeld, hebben (soms) moeite met de stof.
- Het is voor de wiskundestudenten duidelijk hoe hun capaciteiten zijn ten opzichte van anderen.
- Alle wiskundestudenten worden binnen de wiskundestudie uitgedaagd de grenzen van hun capaciteiten te verkennen.
- Sommige wiskundestudenten betwijfelen over voldoende capaciteiten te beschikken om de studie te kunnen halen, hoe hard ze ook werken.

Figuur 6.32: Uitkomsten uit de interviews en vragenlijsten met betrekking tot hiërarchie en zelfbeeld

6.3.4 Is wiskunde intrinsiek moeilijk?

‘Onbegrip is wat de wiskundige gaande houdt. Je hebt een intuïtief gevoel, ziet een platonische glimp van een oplossing en je moet het blootleggen. ... Zodra je de oplossing voor je ziet, vloeit de interesse weg.’

- Prof. Hendrik Lenstra in: De toppen van het kunnen, Dirk van Delft

Wiskunde wordt door veel mensen moeilijk gevonden. Ik merk dat niet alleen bij leerlingen op de middelbare school waar ik lesgegeven heb, bij studenten van andere studierichtingen, bij familie en vrienden maar ook bij de wiskundestudenten die ik geïnterviewd heb:

‘Als ik thuis opgaven aan het maken ben en ik snap het niet, voel ik me wel wat ongemakkelijk. Ik lees het dan nog een paar keer, tot ik het wel snap. Iets lezen en het niet begrijpen was voor mij een geheel nieuwe ervaring. Buiten de wiskunde kan ik het mij ook niet voorstellen dat het gebeurt.’ - *Wendy*

‘Het kost gewoon veel tijd om een som op te lossen. Het is irritant als je er niet uit komt. Als je een opgave opgelost hebt, dan is het wel weer leuk. Als je met een opgave begint, kom je er altijd even niet uit.’ - *Thijs*

‘Bij wiskunde ga je juist de speciale gevallen opzoeken. In die zin maken wiskundigen het zich nooit makkelijk. Als je het jezelf makkelijk maakt, ben je niet diep genoeg gegaan.’ - *Pieter*

Uit de vragenlijsten volgt dat 60% van de ondervraagde wiskundestudenten de uitspraak dat wiskunde moeilijk is, onderschrijft.

Uitdaging of té moeilijk?

Dat moeilijk-zijn ook positief ervaren kan worden, blijkt uit het hoge percentage wiskundestudenten dat uitdaging juist waardeert. Van de aspecten die wiskunde leuk maken, is de uitdaging de op één na meest genoemde, door 69% van de ondervraagde wiskundestudenten. Uit de interviews kwam echter een gevarieerd beeld van de ervaring van de moeilijkheid van wiskunde:

‘Een opgave is pas leuk als hij moeilijk is. Als een opgave te makkelijk is, dan kijk ik er niet eens naar. Het moet wel een beetje interessant zijn, anders heb je wel kennis maar doe je er niets mee.’ - *Alexander*

‘In het tweede semester van het eerste jaar kreeg ik algebra, wat ik heel zwaar vond. Mijn medestudenten hebben me er door heen moeten trekken. Dat ik als eerstejaars al zo’n moeite had met een vak, heeft me wel aan het twijfelen gebracht of ik wel goed genoeg was om wiskunde te kunnen studeren.’ - *Gonny*

‘Ik weet niet of ik wel doorga met wiskunde. Het lijkt me heel erg moeilijk. Ik had verwacht dat het wat langzamer zou gaan en meer zou lijken op de wiskunde van de middelbare school, maar het is echt heel anders.’ - *Thije*

Tempo

Uit paragraaf 6.2.1 over tegenslagen bij college blijkt dat voor 40% van de wiskundestudenten de stof op college regelmatig, vaak of altijd te snel gaat. Het niet kunnen volgen van een lezing of college, blijkt door wiskundigen normaal gevonden te worden (zie Bus [7]), want:

- wiskundigen zijn niet opgeleid om les te geven,
- het is moeilijk een onderwerp voor mensen van verschillend niveau begrijpelijk en interessant over te dragen
- en, meer direct gelieerd aan wiskunde zelf, kun je als toehoorder simpelweg niet alles in één keer begrijpen [7].

Ik denk dat deze factoren ook op colleges van toepassing zijn. Dit impliceert dat er altijd studenten zullen zijn die de uitleg niet kunnen volgen. Zelf een stuk wiskundige materie bestuderen is wat anders dan het volgen van een wiskundecollege, maar ook bij zelfstudie speelt de tijdsdruk een rol (zie figuur 6.18).

Een aantal van de geïnterviewde studenten geeft aan de wiskundestudie zo moeilijk te vinden dat er twijfels zijn over de haalbaarheid er van. De overige studenten blijken het niet-begrijpen van wiskundige theorie geaccepteerd te hebben. Zij ervaren het onbegrip als iets dat slechts tijdelijk is en zelfs als een uitdaging.

Samenvatting

Wat wiskundestudenten zeggen over de moeilijkheid van wiskunde

Affectie

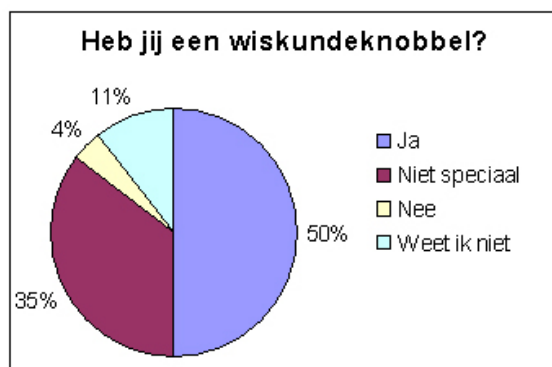
- De uitdaging is wat wiskunde leuk maakt.
- Ook voor wiskundestudenten kan wiskunde té moeilijk zijn.
- Het kost soms veel tijd om een opgave of stuk theorie te doorgronden. Als het tempo hoog ligt is dat moeilijk.
- De stof (even) niet snappen is misschien niet leuk, maar het hoort bij wiskunde.

Figuur 6.33: Uitkomsten uit de interviews en vragenlijsten met betrekking tot de moeilijkheid van wiskunde en de wiskundestudie.

6.3.5 Wiskundig inzicht; hebben of ontwikkelen?

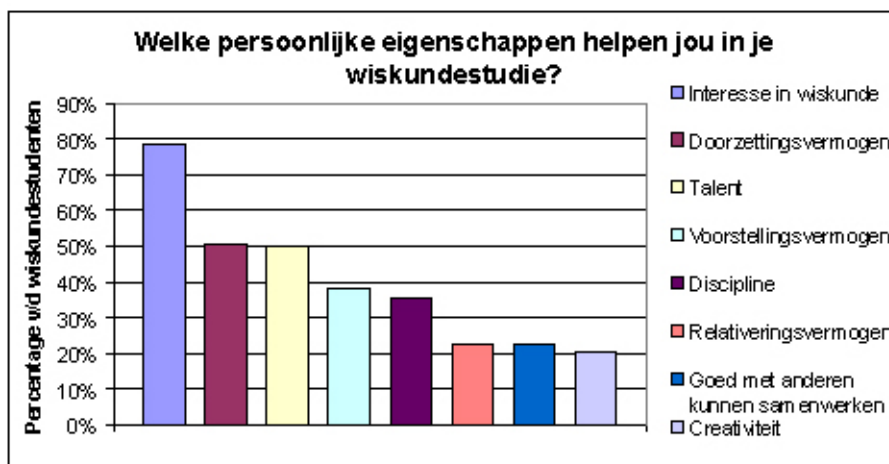
Veel van de geïnterviewde wiskundestudenten geven aan dat ze op de middelbare school goed waren in wiskunde. Op de universiteit blijken ze met datzelfde wiskundige inzicht tegen problemen aan te lopen. Hoe kan dat? Wiskundestudenten hebben toch een wiskundeknobbel?

Dit op de man af vragen heeft het volgende opgeleverd:



Figuur 6.34: Vinden wiskundestudenten dat zij een wiskundeknobbel hebben?

De helft van de wiskundestudenten beaamt het hebben van een wiskundeknobbel. De andere helft is daar minder overtuigd van; 'niet speciaal', 'weet ik niet' of 'nee'. Hoe slaan zij zich dan door hun wiskundestudie heen? Welke eigenschappen helpen bij het doen van wiskunde?



Figuur 6.35: De vaardigheden waarvan wiskundestudenten zeggen dat ze erdoor geholpen worden in hun wiskundestudie

Interesse wordt door bijna acht van de tien wiskundestudenten genoemd als eigenschap die helpt bij de wiskundestudie. Op een gedeelte tweede plaats staan 'doorzettingsvermogen' en 'talent'. 'Ta-

lent' is van deze drie meest genoemde eigenschappen naar mijn idee de enige die onder de noemer 'wiskundeknobbel' valt. Andere eigenschappen die bij 'de wiskundeknobbel' horen zijn 'voorstelingsvermogen' en 'creativiteit'.

De wiskundeknobbel lijkt door de wiskundestudenten zelf niet een dominante rol toebedeeld te krijgen, aangezien eigenschappen als interesse, doorzettingsvermogen en discipline net zo belangrijk gevonden worden als talent, voorstellingsvermogen en discipline.

Tot slot, hoe zorgen wiskundestudenten ervoor dat zij grip krijgen op wiskundige materie? De door mij geïnterviewde wiskundestudenten aan het woord over intuïtie, inzicht en beeldvorming:

'Ik begrijp een stuk wiskunde pas als ik er een gevoel of een beeld bij heb. Iets dat heel abstract is, daar kun je je veel moeilijker een beeld bij vormen. Op een gegeven moment gaat het wel beter. Ik heb nu bijvoorbeeld een beeld van wat een groep is. Toen ik eerstejaars was, had ik dat nog niet. Dat kost tijd en ervaring.' - *Birgit*

'Bij wiskunde is inzicht heel belangrijk. Dat is niet iets wat je van jezelf hebt. Tot op zekere hoogte wel, maar je moet het ook stimuleren, ontwikkelen. Dat doe je hier ook, als je wiskunde studeert. Het is belangrijk om het overzicht te zien en dan te bedenken wat je kan doen. Dat heb je bij alle bewijzen binnen de wiskunde nodig.' - *Harm*

'Wiskunde wordt leuker als je er een beetje inzicht in krijgt, als je kunt zien hoe het in elkaar steekt. Bijvoorbeeld als je met het getal i gaat rekenen, dan kun je er niet zoveel mee. Maar als je je het kunt voorstellen in het complexe vlak, dan wordt het veel duidelijker. Het is veel prettiger als je er een beeld bij kunt vormen.' - *Alexander*

'De limietdefinitie; daarvan heb ik echt geen idee wat het inhoudt. Ik heb er geen beeld bij en daardoor snap ik het ook niet. Ik kan het niet plaatsen in een plaatje of een situatie of getallen. Het feit dat ik deze definitie niet kan uitleggen in wat je doet, betekent dat ik het niet snap. Van al het andere kan ik in ieder geval omschrijven wat het inhoudt.' - *Jacob*

'In de wiskunde moet je je het formele eigen maken, dat het jónu begrijpen worden en dat jij de baas bent. Dat doe je door te kijken naar bepaalde bekende situaties. Welke klassen zijn er, wat kun je er mee, wat voor stellingen gelden er. Zoals bij het vak Topologie en het begrip continuïteit. Wat gebeurt daar mee in het oneindige? Is het daar ook belangrijk? Wat zijn de implicaties? Op die manier ga je een soort denkkader ontwikkelen, hoe het past binnen wat je al weet.' - *Pieter*

'Intuïtie heeft te maken met het beeld dat je hebt bij begrijpen. Die beelden krijg je aan de hand van voorbeelden. Soms probeer ik dingen te tekenen, veel te puzzelen, om te begrijpen hoe het zit. Ik maak eigenlijk altijd plaatjes of ik zie ze voor me. Als het bijvoorbeeld gaat over een doorsnede van verzamelingen, dan zie ik echt twee rondjes voor me die overlappen. Dat kan ook wel eens fout gaan omdat je heel gemene situaties vergeet, bijvoorbeeld dat een verzameling ook leeg kan zijn, maar dat heb ik nu wel door. Sommige vakken zijn wat praktijkgericht. Je kan je dan beter een beeld vormen dan bij abstracte vakken.' - *Wendy*

'Iets abstracts bewijzen zie ik niet als uitdaging, maar op de middelbare school vond ik de meetkunde van wiskunde B1,2 wel echt heel leuk. Als ik er een beeld, een plaatje bij heb, dan is het makkelijker voor mij, vind ik het echt leuk om te doen. Als ik dat niet heb, als ik niet begrijp wat er staat, waar ik heen moet, wat ik moet doen, dan is elke stap moeilijk. Ik heb dan geen idee wat te doen en leg de opgave het liefst weg. Toch zijn het juist de abstracte dingen die wiskunde voor mij leuk maken.' - *Gonny*

Samenvatting

Wat wiskundestudenten zeggen met betrekking tot wiskundig inzicht.

Studiegedrag

- Wiskundestudenten zeggen dat je juist door wiskunde te doen, wiskundig inzicht ontwikkelt.
- Een beeld hebben bij de stof is nodig om het echt te begrijpen.
- Om een beeld bij de stof te krijgen, passen wiskundestudenten verschillende strategieën toe; plaatjes tekenen, voorbeelden uitwerken en eigenschappen nagaan.

Affectie

- De helft van de wiskundestudenten zegt geen wiskundeknobbel te hebben.
- Interesse, doorzettingsvermogen en discipline vinden wiskundestudenten minstens zo belangrijk als talent, voorstellingsvermogen en creativiteit.
- Abstracte wiskunde vergt inzicht en is daardoor lastig. Zolang het mogelijk blijft er een beeld bij te hebben, wordt het leuk gevonden.

Figuur 6.36: Aspecten met betrekking tot wiskundig inzicht

6.3.6 Discipline en doorzetten

‘Het is een kwestie van jaren en jaren hard werken, van geduld en van een beetje intelligentie, maar dat is niet eens het belangrijkste.’

- Prof. Terence Tao in: NRC Handelsblad, 21 april 2007

Mijn afstudeerbegeleider heeft mij één middag vergezeld bij het afnemen van interviews. Tijdens het nabespreken van de interviews bleek dat wij door verschillende brillen naar de studenten keken. De student die geen enkele moeite had met wiskunde en heel ontspannen met de studie omging maakte enorme indruk op mij. Ik kon het mij nauwelijks voorstellen dat iemand zo weinig moeite heeft met wiskunde. De student die moest ploeteren om bij te blijven met de stof op college wekte daarentegen juist verbazing bij mijn begeleider, terwijl ik er veel van mijzelf in herkende. Deze middag was voor mij een leermoment, dat mij duidelijk maakte dat dingen die ik gewoon vind, voor anderen nieuw en interessant kunnen zijn.

In deze paragraaf aandacht voor (het gebrek aan) discipline bij wiskundestudenten en een impressie van het zwoegen en zweten van sommige studenten.

Hoe gedisciplineerd werken studenten? Uit de vragenlijsten *lijkt* naar voren te komen dat vrouwen gemiddeld meer studeren dan mannen, masterstudenten meer dan bachelorstudenten en studenten met een bovengemiddelde wiskundig zelfbeeld meer dan studenten met een lager wiskundig zelfbeeld. De verschillen tussen de gemiddelden zijn echter minimaal terwijl binnen de afzonderlijke groepen veel spreiding is in het aantal uren dat aan wiskunde besteed wordt. Waar ligt dat aan? Welke factoren spelen voor wiskundestudenten een rol bij hun inzet voor de studie?

‘Ik wil naar college, omdat ik de uitleg wil snappen. Het is vervelend als ik in het weekend laat naar bed geweest ben en de volgende middag pas om zes uur wakker word. Mijn dagritme is dan verstoord, waardoor ik op maandag gegarandeerd veel te laat kom op college. Dus ga ik vroeg naar bed, zodat ik ook vroeg op kan staan.’ - Alexander

‘Ik begrijp de stof altijd op tijd, ruim voor het tentamen. Ik kan heel goed plannen, heb altijd alles op tijd af. Dat is ook handig, want dat scheelt heel veel stress. Ik hoef dus nooit ’s nachts door te werken, wat ik van andere mensen wel eens hoor.’ - Birgit

‘Algebra kost veel tijd en dat is niet voor iedereen haalbaar. Ik heb zelf het vak ook niet afgemaakt. Het tentamen was het probleem niet; ik heb wel alle colleges gevolgd, maar niet al het huiswerk ingeleverd. Het huiswerk kostte gewoon teveel tijd. Ik ben niet zo gedisciplineerd, waardoor het huiswerk gewoon blijft liggen als ik het niet inplan.’ - Pieter

‘Als het college slecht gegeven wordt, heeft het niet zoveel zin naar college te gaan. Aan het eind van het jaar wil ik het vak wel halen. Dan ga ik er een paar weken aan zitten werken in de studiezaal. Elke dag van tien tot vier, dat vind ik wel schappelijk; ik hoef dan niet te vroeg op te staan en ben weer op tijd thuis om lekker te eten en andere dingen te doen.’ - Harm

‘Het gewone huiswerk maak ik niet, maar het inleverhuiswerk wel. Wel pas op het laatste moment. Ik hoef niet per se een tien te halen, maar kijk gewoon wat ik kan maken. Ik maak me er niet zo druk om. Het gaat dan wel om een cijfer, maar als het onvoldoende is, haal ik het de week erna wel weer op. Ik doe twee voltijds studies, wat best veel is. Daarom maak ik bewust keuzes welke colleges ik volg: ik zit in die groepjes bij Japans, zodat ik ook naar wiskundecolleges kan.’ - Jacob

‘Ik ben best streberig en perfectionistisch. Ik wil alles wat ik doe, goed doen, ook al maak ik het mezelf daardoor moeilijk. Zo zijn er bij Algebra makkelijke en moeilijke huiswerkopgaven. Ik vond dat ik de moeilijke opgaven moest doen, want ik vond het belachelijk om voor een zeven te gaan, terwijl een makkelijke opgave misschien twee uurtjes had gekost in plaats van twee dagen. Dan zou ik misschien ook moeten bedenken dat er nog andere dingen zijn. Maar als een moeilijke opgave gelukt is, voel ik me voldaan en ben ik er blij mee.’ - *Wendy*

Samenvatting

Wat wiskundestudenten zeggen over discipline en doorzetten in hun studie

Studiegedrag

- De wiskundestudie biedt ambitieuze studenten de gelegenheid de lat hoog te leggen.
- Inleverhuiswerk stimuleert de studenten de stof bij te houden.

Affectie

- De wiskundestudentenpopulatie omvat de gebruikelijke spreiding niet- tot zeer gedisciplineerde studenten.
- Wiskundestudenten vinden de wiskundestudie interessant maar ook lastig en tijdrovend.

Figuur 6.37: Aspecten met betrekking tot discipline en doorzetten in de wiskundestudie.

Zwoegen, een impressie

Uit de interviews is naar voren gekomen dat er onder wiskundestudenten grote verschillen zijn in de benodigde mate van inzet. Sommige studenten moeten wel erg hard werken:

‘Ik moet echt hard werken om het tempo bij te houden. Gelukkig vind ik alle vakken leuk, wat belangrijk is als je niet zo goed bent: De stof leuk vinden is een stimulans om huiswerk te maken. Ik besteed veel tijd aan mijn studie, maar soms heb ik er de puf niet voor. Als ik tot half zes college heb, dan ga ik thuis vrijwel direct naar bed. In het weekend werk ik op zaterdag en ga ik uit. Op zondag besteed ik een paar uur aan wiskunde.

Tot nu toe heb ik al m'n inleverhuiswerk ingeleverd. De punten die je haalt voor je huiswerk hebben altijd een positief effect op het tentamencijfer. Ik moet hard werken voor m'n tentamens, dus alle punten die ik er bij kan krijgen zijn mooi meegenomen. Ik oefen op die manier ook de stof voor het tentamen. Tot nu toe heb ik allemaal voldoende voor m'n huiswerk gehaald, maar de tussentoets van Analyse was echt een dikke onvoldoende. Ik had toch wel het idee dat ik het één en ander wist en ik heb ook wel zoveel mogelijk opgeschreven, maar blijkbaar was het niet goed. Toen ik die onvoldoende terugkreeg zat ik wel even te balen, maar ik was al lang blij dat het niet meetelde. Nu ben ik extra gemotiveerd om er aan te werken, want ik weet dat als ik nu tentamen zou krijgen, ik 'm niet zou halen. Dus nu ga ik meer tijd aan het huiswerk besteden.’ - *Sanne*

‘Ik ben wel eens minder enthousiast geweest, in het tweede en derde jaar. Toen was het programma heel vol en kon ik het allemaal niet meer bijbenen. Voor allerlei vakken moest huiswerk ingeleverd worden. De collegeperiodes zijn eigenlijk maar heel kort. Daarna heb je nog ruim de tijd om tentamens voor te bereiden, maar als je tijdens de colleges heel veel huiswerk in moet leveren, dan is dat wel zwaar. Het huiswerk was lastig en daardoor automatisch veel. Je komt er altijd wel uit, met elkaar en met de hulp van de assistent, maar het kost wel verschrikkelijk veel tijd. Dat gaat ook een beetje ten koste van andere vakken. Soms denk je wel van ‘oh, het gaat nooit lukken’, maar op een gegeven moment moet je die gevoelens maar gewoon negeren en toch stug door blijven gaan, dat leert de ervaring.’ - *Thomas*

‘Wiskunde vond ik leuk, dus ben ik dat gaan studeren. Ik vind het heel erg leuk wat ik doe! Maar toen ik in m'n eerste jaar niet echt hoge cijfers haalde en twee vakken niet haalde, had ik daar moeite mee. Ik ben gaan kijken bij Operationele Research en Management, maar de economie in die studie lag mij helemaal niet. Toen dacht ik bij mezelf: ‘wiskunde is gewoon leuk om te doen, dat is wat ik wil. Dan doe ik er maar wat langer over, kost het me maar wat meer tijd’. Toen ik zo aan het twijfelen was over of ik wel de juiste studiekeuze had gemaakt, dacht ik vrij negatief over mezelf: ‘ik kan het niet, ik ben niet goed genoeg’.

Continue optimalisering heb ik opgegeven. Ik heb drie weken het college gevolgd en twee keer het huiswerk ingeleverd. Het kostte me zoveel tijd en moeite en het leverde zoveel stress op, dat ik gestopt ben toen ik de derde keer het huiswerk aan het maken was. Natuurlijk was het wel fijn als ik het huiswerk af had en ingeleverd had, maar ik was mijn hele weekend, dat wil zeggen zo'n vier tot vijf uur per dag, kwijt aan dit vak. Daardoor had ik minder tijd over voor de andere vakken, terwijl ik die leuker vind om te doen. Misschien dat ik volgend jaar of het jaar erop alsnog dit vak ga doen, als ik meer tijd heb om er aan te besteden en meer voorkennis heb.’ - *Gonny*

6.3.7 Ploeteren of pauzeren

Eén van de door mij geïnterviewde wiskundestudenten stelde tijdens haar interview: ‘Je kunt altijd wel wat doen om ervoor te zorgen dat je de stof beter begrijpt’. In de vorige paragraaf hebben we gezien dat sommige studenten zich door hun wiskundestudie heen zwoegen. Is steeds maar doorgaan de sleutel tot begrip?

‘Als ik met een opgave bezig ben en ik kom er niet uit, dan ga ik maar door en door. Ik geef niet op en word er steeds wanhopiger van. Zoals aan het begin van het jaar. Ik kreeg huiswerk op voor Algebra en Analyse en ik snapte het allebei niet. Ik was er echt een hele dag mee bezig, in het weekend en toen had ik eindelijk één som wèl opgelost, terwijl ik er meerdere geprobeerd had. Ik ga soms wel verder met de volgende opgave, maar het duurt wel lang voordat ik die stap zet. Ik weet wel dat het soms verstandig is om met een andere opgave verder te gaan en dan later weer terug te gaan, maar dat doe ik vaak pas als ik al uren met een opgave bezig geweest ben.’ - *Wendy*

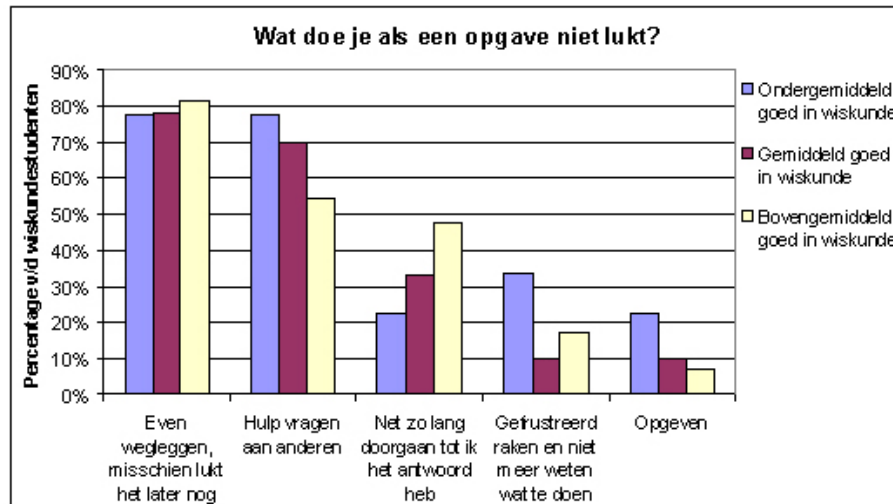
‘Als een huiswerkopgave niet lukt, word ik gespannen en een beetje bozig. ‘Waarom lukt het mij niet?’ denk ik dan. Ik raak geïrriteerd en kan dan niet meer op een relaxte manier met de opgave bezig zijn. Ik ga door met een opgave tot ik denk dat het me echt niet meer gaat lukken. Dan ga ik meestal verder met de volgende. Als ik daar ook niet uitkom, ga ik nog met weer een nieuwe opgave verder, maar tegen die tijd denk ik al dat het me toch niet gaat lukken en dan lukt het meestal ook niet. Dan stop ik eventjes met opgaven maken en ga ik wat anders doen.’ - *Thije*

‘Als mijn huiswerk niet lukt, raak ik afgeleid. Ik kan dan niet meer over de opgave nadenken, dus leg ik het even weg. Ik ga wat anders doen en er later pas weer mee aan de slag. Dan sta ik neutraler tegenover de opgave en kan ik weer rustig verder en bekijken wat ik wel weet.’ - *Gonny*

‘Ik werk nooit langer dan drie kwartier. Mijn spanningsboog is gewoon niet langer. Dan houdt het op en moet ik iets anders gaan doen. Ik ga dan koffie drinken, ergens even leuten, achter de computer zitten, mailtje typen en weer verder. Volgens mij zouden sommige mensen dat vaker moeten doen. Als je je gaat stukbijten op dingen waarvan je het antwoord niet ziet, dan word je daar gewoon chagrijnig van. Ik tenminste wel. Soms heb je geen keuze en moet je wel doorgaan, maar het is juist heel goed om het weg te leggen en even wat anders te doen, ook al heb je daar eigenlijk de tijd niet voor. Je kan ook met een andere opgave verder gaan, maar als je zes opgaven moet maken en ze zijn alle zes ontzettend moeilijk, dan heeft dat ook geen zin. Maar als je één moeilijke opgave hebt en bij de andere moet je iets uitdelen of zo, dan kan het prima. Maar zelfs dan denk ik dat je daarna wel even wat anders moet doen. Als je even wat anders gedaan hebt, gaat het beter, bij mij tenminste. Het is ook niet zo dat je stopt met nadenken over de opgave, maar het gebeurt wat meer op de achtergrond. Je laat het achter in je hoofd een beetje sudderen en op een gegeven moment ga je er voor zitten en dan krijg je een ingeving of je ziet iets wat je eerder over het hoofd had gezien. Volgens mij zie je dat soort dingen niet als je het meteen nog een keer gaat bekijken.’ - *Harm*

‘Als ik eerst heel lang in m’n eentje blijf doormalen op een probleem en dan pas naar andere mensen toega, merk ik dat ik moeilijk met ze communiceer. Ik zit dan al vast in hoe ik denk dat de opgave moet terwijl zij er vrijer over na kunnen denken. Het lijkt een beetje op de afstand die je neemt door even aan iets anders te gaan denken. Je kan het dan onderbewust van een andere kant benaderen, terwijl je dat niet meer bewust zou doen.’ - *Pieter*

‘Steeds maar doorgaan is niet de oplossing’, zeggen de door mij geïnterviewde studenten. Uit de vragenlijsten blijkt dat deze houding algemeen is. In paragraaf 6.2.2 is al aan bod gekomen welke strategieën wiskundestudenten hanteren als ze niet uit een opgave komen. De betreffende grafiek zal ik hier voor de volledigheid wederom plaatsen (figuur 6.38). Er blijkt wederom dat de meest gebruikte strategie juist niet steeds maar doorgaan is, maar de opgave even opzij leggen of hulp zoeken.



Figuur 6.38: Wat wiskundestudenten doen als een opgave niet lukt, opgesplitst naar wiskundig zelfbeeld. Gegevens uit de vragenlijsten

Samenvatting

Wat wiskundestudenten zeggen over het wel of niet door blijven gaan met een stukje wiskunde

Studiegedrag

- Steeds maar doorgaan terwijl het niet lukt, kan leiden tot frustratie, wat contraproductief is.
- De meeste gebruikte strategieën bij een opgave die niet lukt, zijn de opgave even opzij leggen en hulp vragen.
- Door even wat anders te doen, kan het onderbewuste meehelpen een opgave op te lossen.
- Lang doorgaan met een opgave maakt dat je niet meer creatief kunt nadenken over die opgave.
- Studenten geven aan soms te lang door te gaan, dat ze beter eerder hadden kunnen stoppen.

Figuur 6.39: uitkomsten uit de interviews en vragenlijsten met betrekking tot doorgaan of pauzeren.

Hoofdstuk 7

Relaties tussen de verzamelde data

In het vorige hoofdstuk heb ik de uitkomsten van de interviews en vragenlijsten besproken door middel van achtereenvolgende beschrijvingen van het studeren van wiskunde (paragraaf 6.1), tegenslagen tijdens het studeren van wiskunde (paragraaf 6.2) en tot slot de opvallende onderwerpen (paragraaf 6.3). Hier en daar heb ik al verschillen tussen enkele groepen studenten genoemd. In dit hoofdstuk zal ik studenten groeperen en deze groepen vergelijken. De bijbehorende grafieken zijn te vinden in bijlage E.

7.1 Kenmerken waarop vergeleken wordt

De groepen die ik zal vergelijken zijn gebaseerd zowel op 'uiterlijkheden' (geslacht, bachelor/master, universiteit), als op basis van bevestigende antwoorden (of het ontbreken daarvan) met betrekking tot:

- stof eigen maken door *college te volgen*
- stof eigen maken door *opgaven te maken*
- *abstracte* wiskunde leuk vinden*
- *toegepaste* wiskunde leuk vinden*
- *positieve emoties* ('uitgedaagd', 'geboeid') als de stof niet begrepen wordt*
- *negatieve emoties met betrekking tot eventueel falen* ('bedreigd', 'dom', 'moedeloos', 'beschaamd', 'hulpeloos') als de stof niet begrepen wordt*
- meer algemene *negatieve emoties* ('geïrriteerd', 'naar', 'gespannen', 'boos', 'nervuus') als de stof niet begrepen wordt*
- *puzzelen* aan theorie of probleem leuk vinden
- *uitgepuzzeld hebben* van theorie of probleem leuk vinden

*: deze 'groepen' zijn gebaseerd op meerdere antwoorden, zie bijlage C.

Naast deze 'groepen' (waar elke student wèl of niet toe behoort) heb ik gekeken naar enkele eigenschappen die elke student in meer of mindere mate heeft.

- Doorzetten en discipline*: de grootte van de rol die doorzettingsvermogen en discipline speelt voor de student
- Strategie*: de grootte van de variatie aan strategieën die de wiskundestudent gebruikt
- Samenwerken*: de grootte van de rol die samenwerken speelt voor de student
- Motivatie*: de mate waarin de student *intrinsiek* gemotiveerd is
- Moeilijkheid*: hoe moeilijk de student de wiskunde(studie) vindt.
- Initiatief*: de mate waarin de student gebruikt maakt van studieactiviteiten die veel initiatief vergen.
- Opgeven: hoe vaak de student gestopt is met een vak.
- Tempo: hoe vaak de stof op college te snel gaat voor de student.
- Wiskundig zelfbeeld: hoe goed de student vindt dat hij/zij in wiskunde is (ten opzichte van anderen).

*: Net als bij de groepen heb ik bij de hier beschreven eigenschappen ook gebruik gemaakt van meerdere gegevens uit de vragenlijsten, zie bijlage C.

Om iets te kunnen zeggen over de mate waarin een student deze eigenschappen heeft, heb ik een vertaalslag moeten maken van de antwoorden op de vragenlijsten naar variabelen die een getalswaarde geven. Deze variabelen heb ik op basis van gezond verstand gedefinieerd en wel op zo'n wijze dat er een goede spreiding in de waarden zit, die ook bij nadere bestudering recht doet aan de antwoorden van de studenten. Welke aspecten uit de vragenlijsten ik mee heb laten wegen bij het definiëren van deze variabelen, staat beschreven in bijlage C.

Overeenkomsten, verschillen en verbanden heb ik bepaald met behulp van SPSS (zie paragraaf 4.3.3). De getalsmatige uitkomsten van de testen staan in bijlage F. In de volgende paragraaf zal ik de meest opvallende relaties beschrijven, illustreren met antwoorden van studenten op de vragenlijsten en ze proberen te verklaren.

7.2 Opvallende relaties tussen eigenschappen

De emoties die studenten hebben als ze de stof niet begrijpen heb ik opgesplitst in positieve emoties (uitgedaagd, geboeid), negatieve emoties in het algemeen en negatieve emoties die te maken hebben met twijfel aan het eigen kunnen in het bijzonder.

7.2.1 Negatieve emoties

Negatieve emoties bij het niet-begrijpen van de stof hangen samen met het aantal (initiatiefvergende) studiestrategieën dat de student ontplooit. Dit is in lijn met wat in de literatuur geschreven is, dat negatieve gedachten juist stimulerend kunnen werken, met name als ze niet gericht zijn op het eigen falen.

Negatieve emoties die juist wel betrekking hebben op twijfel over de eigen capaciteiten komen minder voor bij studenten die het puzzelen op een probleem of stukje theorie leuk vinden. Dat negatieve emoties het niet leuker maakt om te puzzelen is logisch. Het betekent echter ook dat studenten die

negatiever over zichzelf denken, minder plezier beleven aan puzzelen, wat een fundamenteel onderdeel van de wiskundestudie is. Aangezien vrouwelijke wiskundestudenten meer dan hun mannelijke studiegenoten negatieve emoties met betrekking tot hun capaciteiten hebben, ervaren zij meer hinder van het niet-begrijpen van de uitleg of een probleem.

7.2.2 Uitdaging

Uitgedaagd en geboeid zijn correleert met het leuk vinden van abstracte wiskunde, en zowel met het puzzelen zelf als het uitgepuzzeld hebben van iets. Deze studenten lijken dus zowel het proces als de uitkomst van een wiskundige zoektocht te waarderen. Opvallend is dat uitgedaagd en geboeid raken door het niet-begrijpen van de stof ook correleert met hoe vaak de student gestopt is met een vak, hoe vaak de stof op college te snel gaat en hoe hoog de student zichzelf inschaalt. Dit schetst een beeld van een student die wiskunde erg leuk vindt, zichzelf vrij goed vindt in wiskunde, niet bang is om de stof niet te begrijpen, moeilijkheden opzoekt, de draad regelmatig kwijtraakt en vrij regelmatig aan vakken begint die hij/zij niet af maakt.

7.2.3 Liefde voor abstractie of toepassing

Bij het onderscheid maken tussen abstracte en toegepaste wiskunde, zijn de volgende relaties naar voren gekomen:

Er zijn verbanden tussen het leuk vinden van abstracte wiskunde en het studeren aan de UvA of TU, het ontplooiën van meer initiatiefvergende activiteiten, uitgedaagd of geboeid zijn als de stof niet begrepen wordt en het uitgepuzzeld hebben van een stukje theorie of een probleem leuk vinden. Anderzijds zijn er verbanden tussen het leuk vinden van toegepaste wiskunde en het studeren aan de TU, het belangrijk vinden van het volgen van college en juist het bezig zijn met theorie of een probleem leuk vinden.

Deze verbanden lijken iets te zeggen over de verschillen tussen studenten met verschillende voorkeuren: dat studenten die een voorkeur hebben voor abstracte wiskunde, kiezen voor een algemene wiskundeopleiding en dat studenten die meer van toepassingen houden naar een technische opleiding gaan, zal geen verbazing wekken.

De relatie tussen het leuk vinden van toepassingen en waarderen van puzzelen en college volgen is minder voor de hand liggend.

Het verband tussen een voorliefde voor abstract wiskunde en het uitgedaagd en/of geboeid zijn als de stof niet begrepen wordt en het waarderen van een oplossing, duidt op een student die niet bang is in het gepuzzel de weg kwijt te zijn en extra geniet als de puzzelstukjes in elkaar vallen.

7.2.4 Wiskundig zelfbeeld

Niet alle wiskundestudenten zijn een wiskundig wonder. Hoe hangt dat samen met de ervaringen met de wiskundestudie?

Voor de volledigheid de percentages; hoe hoog schatten studenten zichzelf in?

12% van de wiskundestudenten beschouwt zichzelf als ondergemiddeld goed in wiskunde

48% van de wiskundestudenten beschouwt zichzelf als gemiddeld

39% van de wiskundestudenten beschouwt zichzelf als bovengemiddeld goed in wiskunde

De hoogte van het wiskundig zelfbeeld correleert met hoeveel initiatiefvergende activiteiten de student ontplooit: Studenten die zichzelf hoger inschatten qua wiskundige capaciteiten, doen om zich theorie eigen te maken, meer aan het lezen van de theorie, er over na te denken en eigen voorbeelden

uit te werken (zie figuur E.26 in de bijlage).

De hoogte van het wiskundig zelfbeeld correleert met hoe moeilijk de wiskundestudie gevonden wordt en hoe vaak de stof te snel gaat: voor driekwart van de ondergemiddeld goede studenten gaat de stof op college regelmatig tot vaak te snel. Dit percentage neemt af naarmate het wiskundig zelfbeeld stijgt (zie figuur E.30 in de bijlage).

Er is een beperkte correlatie tussen zelfbeeld en het type emoties dat studenten hebben als ze de stof niet begrijpen. Waar wiskundestudenten met een ondergemiddeld wiskundig zelfbeeld vrijwel alleen negatieve gevoelens hebben (voornamelijk geïrriteerd, dom en/of moedeloos) als ze de stof niet snappen, hebben wiskundestudenten met een gemiddeld of bovengemiddeld zelfbeeld ook positievere gevoelens (naast irritatie, ook uitdaging en 'normaal voelen') (zie figuur 6.13). Hoe hoger het wiskundig zelfbeeld, hoe minder studenten zich zorgen maken over de haalbaarheid van het vak, als ze het college niet meer begrijpen (zie 'komt wel goed' en 'vak halen?' in figuur E.29).

Binnen de verschillende groepen studenten (die zichzelf in meer of mindere mate goed in wiskunde vinden) is er een grote variatie aan hoeveel tijd per dag aan wiskunde besteed wordt. Ik had verwacht dat studenten die zichzelf ondergemiddeld inschalen, meer tijd aan wiskunde zouden besteden. Dit is echter niet het geval. Studenten met een hoger wiskundig zelfbeeld, vinden meer verschillende wiskundige activiteiten leuk dan wiskundestudenten met een lager zelfbeeld (zie figuur E.28).

Kortom, studenten die zichzelf hoger inschatten wat hun wiskundige capaciteiten betreft, raken minder gauw de draad kwijt, zijn niet zo gauw uit het veld geslagen als dat wel het geval is, ontplooiën meer verschillende studieactiviteiten en vinden ook meer aspecten van hun studie leuker.

Tot slot: een studielokatie moet rustig zijn, vindt twee derde van de wiskundestudenten. Opvallend is dat op één na, alle studenten die zichzelf ondergemiddeld goed in wiskunde vinden, rust als reden voor het kiezen van een studielocatie gegeven hebben. (Nota bene: het aantal studenten dat deze vraag beantwoord heeft is klein.)

7.2.5 De drie bezochte universiteiten

Er blijkt tussen de universiteiten verschillen te zijn in hoe moeilijk de studenten de studie vinden, hoeveel initiatiefvergende activiteiten ze ontplooiën, de voorkeur voor abstract of toegepast en voor het puzzelen zelf of juist het uitgepuzzeld hebben van iets. Bij welke universiteit komen welke zaken meer voor?

Voor de drie universiteiten geldt dat de wiskundestudenten het maken van opgaven, volgen van colleges en lezen van de stof als belangrijkste manieren zien om zich de stof eigen te maken. UvA-studenten maken van meer verschillende strategieën gebruik zich wiskundige theorie eigen te maken (zie figuur E.35) dan de studenten van de UL en de TUD. UL-studenten doen in vergelijking tot de andere studenten weinig aan het maken van aantekeningen en maken van overzichten, maar praten meer over de stof, net als diep er over nadenken. TUD-studenten scoren relatief laag op het doen van activiteiten om wiskunde te leren, die veel initiatief vergen, als eigen voorbeelden uitwerken, over de stof praten en diep nadenken (zie figuur E.35).

Studenten van de TUD zijn het meest uitgesproken in hun voorkeur voor thuis studeren boven een lokatie op de universiteit. Zij studeren relatief weinig op de universiteit terwijl een kwart tot een derde van de studenten van de UL en de UvA ook in de bibliotheek en studieplekken zegt te studeren (zie figuur E.33) Op een collegedag studeren is overal favoriet, maar TUD-studenten vallen

op doordat ze het minst in het weekend studeren (zie figuur E.34).

De grootste verschillen in waardering zijn redelijk voor de hand liggend (zie figuur E.36 en figuur E.37): Wiskundestudenten van de Technische Universiteit Delft geven veel vaker dan de andere studenten aan de toepassingen van wiskunde en het uitgewerkt hebben van een berekening juist zo interessant te vinden. Wiskundestudenten van de UL en de UvA hebben een aantal gezamenlijke interesses: de abstractie van wiskunde, de benodigde creativiteit, en het puzzelen op een probleem of stukje theorie. UvA-studenten blijken tot slot een voorkeur te hebben die sterker is dan bij de andere studenten voor de uitdaging van de wiskunde, het uitgepuuzeld hebben van een probleem of stukje theorie TUD-studenten veel vaker dan de andere studenten aangeven het lastig te vinden om abstracte theorie te begrijpen (ruim 70% tegenover ruim 40% bij de andere universiteiten). Opvallend is dat wiskundestudenten van de TUD hun studie veel minder vaak moeilijk vinden dan de studenten van de andere studies.

7.2.6 Bachelor- en masterstudenten

Bachelor en masterstudenten verschillen vrijwel niet op de door mij onderzochte eigenschappen, alleen in hoe vaak ze gestopt zijn met een vak. Dit laatste is logisch; hoe verder iemand in de studie is, hoe groter het aantal vakken zal zijn waarmee hij/zij gestopt is. Gekeken naar afzonderlijke antwoorden zijn er wel enkele verschillen (zie de bijbehorende grafieken in bijlage E.1).

Masterstudenten studeren gemiddeld ruim 4,6 uur op een collegeloze dag, tegenover gemiddeld 2,9 uur in het geval van de bachelorstudenten. (Significantie van 0,001 en correlatie van 0,278.) Dit zou kunnen komen doordat masterstudenten minder colleges hebben (zie figuur E.2. Masterstudenten vinden vaker dan bachelorstudenten dat doorzettingsvermogen (73% van de masterstudenten tegenover 45% van de bachelorstudenten) hen helpt in de wiskundestudie (zie figuur E.1). Opvallend is wel dat er niet gebleken is dat masterstudenten ook daadwerkelijk meer gedisciplineerd of doorzetters zijn.

Masterstudenten vinden het in vergelijking tot bachelorstudenten minder raar als ze de stof niet snappen; bijna de helft van de masterstudenten 'voelt zich normaal' in zo'n situatie tegenover een kwart van de bachelorstudenten (zie figuur 6.12). Deze uitkomsten zijn te verklaren door zich te realiseren dat masterstudenten het al verder gebracht hebben in de studie en dus een manier hebben gevonden om zich door hun studie heen te slaan; door meer te studeren en door zich niet druk te maken als het niet lukt; de student weet dan al uit ervaring dat hij/zij er uiteindelijk wel uit zal komen.

7.2.7 Is wiskunde een mannenstudie?

Van de 152 wiskundestudenten die mijn vragenlijst hebben ingevuld, waren er 103 man en 48 vrouw; ongeveer één op de drie is vrouw. Dit percentage was op de UL, TUD en UvA respectievelijk 23%¹, 37% en 36%.

Er is verschil tussen de universiteiten, maar het verschil tussen mannen en vrouwen is nog groter. Of dit door verschil in interesse komt, door aanleg, sociale druk of nog andere oorzaken, weet ik niet. Opvallende resultaten over sekseverschillen die wèl uit mijn onderzoek zijn gekomen, zal ik in deze paragraaf presenteren. De grafieken zijn terug te vinden in bijlage E.2.

¹Uit cijfers van de Universiteit Leiden (zie figuur G in de bijlage) bijhoudt, blijkt dat er op 1 december 2006 in Leiden 104 wiskundestudenten stonden ingeschreven, waarvan 27 vrouw; 26%. Dit verschilt niet veel van het percentage Leidse vrouwelijke wiskundestudenten dat mijn vragenlijst heeft ingevuld.

Geslacht correleert met het belangrijk vinden van het maken van opgaven, het leuk vinden van het uitgedrukt hebben van een opgave en het hebben van negatieve emoties met betrekking tot twijfel over het eigen kunnen. Een nadere kijk naar de gegeven antwoorden leert het volgende:

De mannelijke wiskundestudenten lijken minder eensgezind in hoe zij zich de stof eigen maken. Vrijwel alle vrouwelijke wiskundestudenten geven aan opgaven te maken om zich de stof eigen te maken (ruim 90% van de vrouwen, krap 70% van de mannen) en ook het maken van aantekeningen wordt door meer vrouwen dan mannen genoemd (ruim 70% tegenover 50%), zie figuur E.10. Het is echter niet zo dat vrouwen meer studeren. Alleen in de tentamenperiode studeren vrouwelijke wiskundestudente significant meer dan hun mannelijke studiegenoten.

De vrouwelijke wiskundestudenten geven vrijwel allemaal (veel meer dan de mannelijke wiskundestudenten) aan dat ze het leuk vinden een berekening, een probleem of een stukje theorie uitgedrukt te hebben. Dit geldt niet als het een stelling betreft; dat vindt zowel de helft van de mannelijke als van de vrouwelijke wiskundestudenten leuk.

Vrouwelijke wiskundestudenten hebben vaker dan mannen negatieve ervaringen bij samenwerken als 'ik kan niet rustig nadenken met anderen erbij', 'ik vind het vervelend als anderen het sneller weten' of 'ik weet dan niet of ik het zelf kan' (zie figuur E.13) en geven ook vaker aan zich dom te voelen als ze de stof niet snappen 39% tegenover 19% van de mannelijke wiskundestudenten. Mannelijke wiskundestudenten lijken wat soepeler om te gaan met tegenslagen als het niet begrijpen van de stof, de opgave of het college (zie figuur E.16): Mannelijke wiskundestudenten denken vaker dan vrouwen 'het komt wel goed' als ze het college niet snappen (6 op de 10 tegenover 4 op de 10).

Vrouwelijke wiskundestudenten nemen zich meer dan mannen voor actie te ondernemen. De helft van de vrouwen is van plan de stof door te gaan nemen tegenover één op de drie mannen maar uiteindelijk is de manier waarop met een tegenslag omgegaan wordt, vergelijkbaar (zie figuur E.17).

Nota bene: er blijkt uit de vragenlijsten geen verschil in hoe vaak mannelijke en vrouwelijke wiskundestudenten een tegenslag als het niet-begrijpen van het college hebben (zie figuur E.18).

Hoofdstuk 8

Conclusies

8.1 Beantwoording onderzoeksvragen

Aan het begin van mijn afstudeeronderzoek heb ik mijzelf de volgende vragen gesteld:

Hoofdvraag

Zijn universitaire wiskundestudenten op basis van hun studiegedrag en -ervaringen te categoriseren?

Deelvragen

1. Welke activiteiten ontplooiën wiskundestudenten tijdens hun studie om zich wiskunde eigen te maken?
2. Welke gedachten en gevoelens hebben wiskundestudenten als ze tegenslag ervaren tijdens het doen van wiskunde en hoe gaan ze daar mee om?

Deze vragen zal ik hier beantwoorden, te beginnen met de deelvragen.

Deelvraag 1: Studiegedrag

Wiskundestudenten ontplooiën een grote variatie aan activiteiten om zich wiskunde eigen te maken. Zij maken hierbij voornamelijk gebruik van aangereikte media als (hoor- en werk-)colleges en de voorgescreven boeken en in mindere mate van activiteiten die meer initiatief vergen, zoals het zelf maken van overzichten, eigen voorbeelden uitwerken en zich vragen stellen over de stof. Samenwerken wordt door wiskundestudenten gewaardeerd als effectief, efficiënt en prettig.

Deelvraag 2: Affectie

Ook onder wiskundestudenten blijken math anxiety-achtige gedachten en gevoelens voor te komen zoals het zich zorgen maken over de haalbaarheid van het vak, twijfelen over de eigen capaciteiten, in de stress schieten omdat de stof maar niet begrepen wordt, geïrriteerd raken omdat een opgave niet lukt en zich onzeker voelen bij het niet kunnen volgen van een college. Dat deze negatieve gedachten en gevoelens de wiskundestudenten niet volledig belemmeren in de wiskundebeoefening, komt door de wijze waarop er mee omgegaan wordt; rationeel. Dit gebeurt door de situatie te relativiseren of door de negatieve gedachten en gevoelens, wetende dat ze niet constructief zijn te onderdrukken.

Hoofdvraag: Categorieën

Zijn universitaire wiskundestudenten op basis van hun studiegedrag en -ervaringen te categoriseren? Ja en nee. Dit zal ik toelichten:

Ja, ik heb enkele trends waargenomen onder verschillende groepen studenten:

Masterstudenten studeren op collegeloze dagen meer, zijn initiatiefrijker in hun studie en maken zich minder zorgen als ze een stuk wiskundige theorie niet begrijpen dan bachelorstudenten.

Vrouwelijke wiskundestudenten hebben meer last van negatieve gedachten en emoties en zijn minder ontspannen als ze iets niet snappen dan mannelijke wiskundestudenten.

Wiskundestudenten met een bovengemiddeld zelfbeeld gebruiken meer verschillende manieren om de stof te bestuderen en voelen zich uitgedaagd als ze iets niet begrijpen, terwijl ondergemiddelde studenten zich dan dom voelen.

Er is een redelijke correlatie tussen het aantal strategieën dat studenten gebruiken, hoe gemotiveerd ze zijn, hoe groot hun doorzettingsvermogen en discipline zijn en opvallend; hoe moeilijk ze de studie vinden. Deze laatste correlatie wekt mijn verbazing, maar is wel in lijn met mijn bevinding dat alle wiskundestudenten de wiskundestudie moeilijk vinden; binnen de wiskunde komt iedereen op een punt waarop hij/zij het niet meer begrijpt.

Echter, binnen de groepen is een grote variatie en tussen de groepen zijn ook overeenkomsten, waardoor haast niet gesproken kan worden van afzonderlijke groepen. Als er al gesproken kan worden van echte verschillen, dan zijn ze niet zwart-wit maar glijdend.

8.2 Opvallende resultaten

Samenwerken met andere wiskundestudenten is voor wiskundestudenten van opmerkelijk belang gebleken. Ze geven aan samenwerken niet alleen prettig te vinden, maar de stof er ook beter door te begrijpen. Er is echter een spanningsveld tussen samen- en alleen werken: rust is voor veel studenten belangrijk om aan wiskunde te kunnen werken.

Studenten geven aan dat het weliswaar een flinke dosis inzet vergt om de stof te begrijpen of een opgave op te lossen, maar dat het contraproductief is steeds maar door te gaan. Op tijd even pauzeren om de stof te laten bezinken blijkt een constructievere aanpak te zijn.

Ook wiskundestudenten hebben net als andere mensen zo nu en dan last van negatieve gedachten en gevoelens bij de wiskundebeoefening en gaan daar op een constructieve manier mee om.

Alle door mij ondervraagde wiskundestudenten geven aan de wiskundestudie als lastig en tijdrovend te ervaren, ook studenten die van zichzelf zeggen dat ze bovengemiddeld goed zijn in wiskunde. Ik had verwacht dat studenten die zichzelf hoog inschalen wat wiskundige capaciteiten betreft, minder tijd aan hun studie zouden (hoeven te) besteden. Dit blijkt niet het geval te zijn.

8.3 Praktijk en theorie

Door de uitkomsten uit dit onderzoek te vergelijken met de gevonden informatie uit de literatuur, vallen de volgende overeenkomsten en verschillen op:

8.3.1 Studiegedrag

Op enkele fronten heeft mijn onderzoek nieuwe factoren opgeleverd die een rol spelen in de manier waarop wiskundestudenten met hun studie omgaan:

Uit de literatuur was al naar voren gekomen dat de kwaliteit van het onderwijs, de beschikbare tijd en het talent van de student gezien worden als oorzaken van goede of negatieve resultaten. Wiskundestudenten onderstrepen daarnaast het effect van de juiste leeractiviteiten; samenwerken, veel verschillende cognitieve leeractiviteiten toepassen en weliswaar doorzetten maar op tijd pauzeren is positief, terwijl alleen werken en/of lang doorgaan contraproductief (kan) zijn.

8.3.2 Wiskundeangst

De uitkomsten uit mijn onderzoek komen overeen met wat ik in de literatuur gevonden heb over de verschillen tussen hoe mannen en vrouwen tegenslagen ervaren: vrouwelijke wiskundestudenten hebben dan meer negatieve gedachten en emoties, terwijl mannelijke wiskundestudenten zich relatief gezien niet zo druk maken om tegenslagen (zie paragraaf 5.1.1 en paragraaf 6.2.1).

Opvallend vind ik dat de emoties en gedachten die in de literatuur onder de noemer 'math anxiety' vallen, ook door wiskundestudenten genoemd worden als ze vertellen over tegenslagen tijdens de wiskundebeoefening (zie de overzichten D en D.2 in de bijlage).

Wiskundestudenten gaan met deze negatieve gedachten en emoties om, door de emoties te negeren of tegen te gaan en door de gedachten die ze hebben om te draaien tot constructieve gedachten. Dit is in lijn met de bevindingen van Ho [14], Wigfield en Meece [32], [20] die stellen dat negatieve emoties belemmerend werken terwijl negatieve gedachten stimulerend kunnen zijn (zie hoofdstuk 5).

8.3.3 Hiërarchie

Kortgeleden werd prof. Rob Tijdeman in NRC Handelsblad [12] geciteerd: 'Weet je wat het is, in de wiskunde zijn de kwaliteitsverschillen zo groot en zo zichtbaar. Dat zie je toch geloof ik nergens anders.' Ondanks dat er grote verschillen zijn tussen de kwaliteiten van wiskundigen of wiskundestudenten en er duidelijk onderscheid is in hoe de wiskundestudenten van de verschillende niveaus studeren en hun wiskundestudie ervaren (zie hoofdstuk 7), wordt dit aspect in de literatuur niet beschreven. Een voorbeeld is dat de positie in de hiërarchie het beeld beïnvloedt dat de student heeft van de oorzaak van succes of falen. Het toeschrijven van succes of falen aan oorzaken, wordt zowel door Verloop [31, p. 158] als Tobias [30] (zie hoofdstuk 5 en figuur 5.5) beschreven, maar daarbij wordt de rol van de positie in de hiërarchie buiten beschouwing gelaten.

8.3.4 Interactie tussen cognitie, metacognitie en affectie

In de literatuur over leren wordt er onderscheid gemaakt tussen cognitieve, affectieve en metacognitieve aspecten. Mijn motivatie voor dit onderzoek is voortgekomen vanuit emoties bij, ervaringen met en ideeën over wiskunde, aspecten die onder de noemer 'affectief' vallen. Dat affectieve aspecten beïnvloed worden door en invloed hebben op cognitieve en metacognitieve aspecten is in mijn onderzoek duidelijk naar voren gekomen. Hier zal ik een paar voorbeelden van geven.

Studenten geven aan dat het belangrijk is een beeld te hebben bij wiskundige theorie (kortweg 'inzicht'). Als dat inzicht er niet is (wat gepaard gaat met een negatieve beleving), nemen ze de beslissing (metacognitief) om manieren te zoeken die helpen bij het verkrijgen van inzicht in de materie. Deze manieren betreffen verschillende cognitieve activiteiten als voorbeelden uitwerken, de

stof doorlezen en kritisch nadenken over de stof. Dit betreft de cognitieve leeractiviteit ‘concretiseren’. De student is intrinsiek gemotiveerd voor deze activiteiten en ervaart positieve emoties als het inzicht verkregen is.

Doorzetten als het moeilijk wordt, wordt belangrijk gevonden. Dit kan echter leiden tot frustratie en irritatie, waardoor de student afgeleid is (affectief) en niet meer constructief met de stof bezig kan zijn. Door te pauzeren (metacognitieve ingreep) komt de student tot rust en kan later opnieuw aan de slag (cognitief). Studenten realiseren zich deze valkuil, dus zijn geneigd al eerder te pauzeren of hulp te zoeken (metacognitief) om deze situatie te voorkomen.

De interactie tussen de affectieve, cognitieve en metacognitieve aspecten van het leren, pleit voor een integrale aanpak van het onderwijs, waarbij niet alleen aandacht is voor cognitieve vaardigheden als oefenen, schema’s maken en kritisch nadenken, maar ook voor de affectieve en metacognitieve vaardigheden omdat ze invloed hebben op de effectiviteit van de cognitieve vaardigheden.

8.4 Vervolg vragen

Zoals al eerder genoemd, kan het beeld van wiskundestudenten dat uit mijn onderzoek naar voren komt, vertekend zijn doordat ik studenten benaderd heb voor en na colleges en dus geen studenten ondervraagd heb die geen college volgen, maar de stof thuis bestuderen. Voor de door mij onderzochte studenten is het volgen van colleges één van de belangrijkste activiteiten om wiskunde te leren. Welke activiteiten vinden niet-college-volgende wiskundestudenten van belang? Zij werken thuis, zonder docenten en medestudenten in de buurt. Gaan zij dan op een andere manier om met tegenslagen tijdens het doen van wiskunde? Werken ze eigenlijk altijd alleen of ook wel samen, maar dan buiten de faculteit om? En hoe ervaren zij dat?

Een andere groep studenten die interessant kan zijn voor vervolgonderzoek zijn de wiskundestudenten die gestopt zijn met hun studie. Waarom zijn zij gestopt? Wat maakt voor hun de studie een verkeerde keuze? Vonden ze het te moeilijk, te saai, te eenzijdig? Hoe komt het dat zij niet doorgegaan zijn? Kan hier door de opleiding wat aan gedaan worden?

Uit mijn onderzoek is gebleken dat masterstudenten discipline en doorzettingsvermogen meer van belang achten voor hun wiskundestudie dan wiskundig talent, terwijl bachelorstudenten wiskundig talent belangrijker vinden. Ik vraag mij af waar dit door komt. Zijn (de overgebleven) masterstudenten meer getalenteerd dan bachelorstudenten, waardoor talent een basisgegeven is en hard werken de manier is om verder te komen? Of zijn de wiskundestudenten die de master doen, de harde werkers onder de wiskundestudenten?

De uitleg op college niet begrijpen, in beginsel niet weten hoe een opgave aan te pakken, het blijken normale verschijnselen te zijn binnen de wiskundestudie. In paragraaf 6.3.4 is besproken dat wiskundestudenten het niet-begrijpen van wiskundige materie in meer of mindere mate kunnen waarderen. Ze vinden het weliswaar soms vervelend, maar ook uitdagend. Daarnaast geven wiskundestudenten aan dat ze soms afhaken bij een vak doordat het tempo te hoog ligt of doordat het vak teveel tijd kost. In hoeverre wordt de moeilijkheid bepaald door het tempo en de beschikbare tijd? Zou het mogelijk zijn wiskundige materie op zo’n manier aan te bieden dat de stof wél door iedereen begrepen wordt? En zou dat leiden tot een lager niveau of kan er na verloop van tijd een inhaalslag gemaakt worden waardoor toch hetzelfde niveau te behalen is? Wat zouden de effecten zijn op de uitval? Zouden er minder studenten uitvallen als er minder momenten van onbegrip zijn in de studie?

Als laatste overpeinzing; ik hoor vaak om mij heen dat men wiskunde zo moeilijk vindt, dat men het niet kan. Maar wiskundestudenten vinden wiskunde ook moeilijk! Ze vinden het leuk en uitdagend en genieten ervan, maar ze vinden het óók moeilijk, net als anderen. Waarom wordt er dan gedacht dat er twee soorten mensen zijn; die wiskunde kunnen en die wiskunde niet kunnen?

8.5 Aanbevelingen

Vanuit de inzichten die ik opgedaan heb in dit onderzoek, zal ik enkele aanbevelingen doen, waarvan ik hoop dat ze een positieve bijdrage kunnen leveren aan de wiskundestudie.

Studenten geven aan baat te hebben bij het kunnen overleggen met andere studenten en vragen stellen aan studenten en docenten, maar studeren het liefst in een stille ruimte, zonder afleiding. Ik zie hier een taak voor opleidingen weggelegd en hoop dat zij, indien nog niet aanwezig, studieruimten zullen creëren waar in alle rust gestudeerd kan worden en waar overleg- en vraagmogelijkheden binnen handbereik zijn, bijvoorbeeld door een aangrenzende overlegruimte.

Gezien de effecten van gevoelens en gedachten op het functioneren van wiskundestudenten moet hier meer aandacht aan besteed worden. Dit kan bijvoorbeeld door duidelijk te maken aan studenten, met name eerstejaars, dat het niet raar is als de stof te snel gaat of de opgaven niet lukken en studenten de gelegenheid te geven vragen te stellen, waardoor de negatieve emotie voorkomen wordt.

Dat met name vrouwelijke wiskundestudenten last hebben van negatieve (en dus belemmerende) emoties maakt dat zij meer hinder ervaren van het niet-begrijpen van de stof of de uitleg dan hun mannelijke medestudenten. Voor vrouwelijke wiskundestudenten is het dus extra belangrijk te weten wat kan helpen in dit soort situaties, zoals op tijd pauzeren, op tijd hulp vragen, met een andere opgave verder gaan of samen met iemand anders aan de stof werken. Docenten zouden hun steentje bij kunnen dragen door tijdens colleges meer tijd te geven om vragen te stellen en de stof te laten bezinken. Een meer rigoureuze oplossing zou zijn de colleges anders in te richten. Zo sluit volgens Boltjes [5] het gebruik van meer voorbeelden in het onderwijs beter aan bij de manier van leren van meisjes zonder dat jongens daar onder lijden.

Nawoord

*‘Iedereen heeft een eigen manier om tegen het leven aan te kijken,
problemen aan te pakken en uit de weg te ruimen.*

Onderwijzen is aantonen dat het kan.

Leren is het mogelijk maken voor jezelf.’

- uit: De pelgrimstocht naar Santiago, Paulo Coelho

Leren was niet alleen het onderwerp van dit onderzoek. Voor mij persoonlijk was het ook een doel. Ik ben een uitdaging aangegaan door een soort onderzoek te kiezen waar ik onbekend mee was. Er zijn veel lastige momenten geweest, waarop ik niet wist hoe verder te gaan en of wat ik gedaan had, wel goed was. Maar er waren ook veel leuke momenten. Al in het voortraject sprak ik veel mensen die enthousiast waren over mijn ideeën en die met mij meedachten over de invulling van mijn onderzoek. De interviews met de studenten waren ondanks de soms zware materie, een plezier om te doen. De positieve reacties van wiskundedocenten als ik ze vroeg of ik tijdens hun colleges studenten mocht benaderen om de vragenlijsten in te vullen en het enthousiasme waarmee veel studenten dat vervolgens deden, maakten het verzamelen van gegevens tot een motiverende bezigheid. De vele verzoekjes die ik gehad heb om mijn scriptie te ontvangen, hebben mij het gevoel gegeven dat mijn onderzoek er toe doet. Ik hoop dat het eindresultaat jullie bevalt.

Tijdens mijn omzwervingen, zoekende naar een geschikt onderwerp, heb ik bij veel mensen advies mogen inwinnen. Bij deze wil ik Nellie Verhoef, Jan van Maanen, Fenna van Nes en Frans Birrer bedanken voor het enthousiasme waarmee jullie mij op weg geholpen hebben. Dankjewel Peter Steenhagen voor de vrijheid die je mij gegeven hebt in de keuze van dit niet-standaard onderwerp. Bedankt geïnterviewde studenten voor de open manier waarop jullie mij deelgenoot gemaakt hebben van jullie zielenroerselen. Bedankt Jan-Jaap en Nathalie voor het lenen van de opname-apparatuur. Bedankt alle studenten die de tijd genomen hebben om mijn vragenlijst in te vullen.

En natuurlijk een groot dankjewel naar mijn begeleiders Chris Zaal en Peter Kop. Ik kijk met veel plezier terug op onze samenwerking. Door jullie enthousiasme, vertrouwen, hulp en kritische opmerkingen is deze scriptie een product geworden waar ik trots op ben.

Tot slot een dankjewel aan het thuisfront. Lieve Jeroen, dankjewel voor al je steun en stimulans op de momenten dat ik het nodig had. Lieve mam, dankjewel voor je hulp bij het vele SPSS-werk dat gedaan moest worden. Lieve pap, dankjewel voor het voorbeeld dat je altijd voor mij geweest bent. Jammer dat je dit niet mee hebt kunnen maken.

Bibliografie

- [1] Aron, Arthur, et al, 2006. *Statistics for Psychology*. Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- [2] Ashcraft, Mark H. Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. In *Current Directions in Psychological Science*, Volume 11, number 5. 2002, pp.181-185.
- [3] Ashcraft, Mark H. and Kirk, Elizabeth P. The relationships Among Working Memory, Math Anxiety, and Performance. In *Journal of Experimental Psychology*, Volume 130, number 2. 2001, pp. 224-237.
- [4] Baarda, D.B., et al, 2005. *Basisboek kwalitatief onderzoek: handleiding voor het opzetten en uitvoeren van kwalitatief onderzoek*. Stenfert Kroese, Groningen.
- [5] Boltjes, Elise Geeske, 2004. *Voorbeeldig onderwijs : voorbeeldgestuurd onderwijs, een opstap naar abstract denken, vooral voor meisjes*, proefschrift aan de Universiteit Maastricht.
- [6] Boutwell Johnson, Sarah, 2003. *A Study of Math Anxiety in Developmental Courses in a Texas Community College*, proefschrift aan de University of Texas, Austin.
- [7] Bus, Evelien, 2004. *Zwoegen door de modder en zweven langs de hemel. Persoonlijke verhalen van wiskundigen*. Afstudeerscriptie Freudenthal Instituut & Mathematisch Instituut Universiteit Utrecht, Utrecht.
- [8] Evans, Jeff, 2000. *Adult's Mathematical Thinking and Emotions. A Study of Numerate Practices*. RoutledgeFalmer, New York.
- [9] Kranenburg, Marieke, 2005. *Onderzoek onder studenten Exacte Wetenschappen naar de waardering voor de opleidingen Natuur- & Sterrenkunde, Scheikunde en Wiskunde*. UvA, Amsterdam.
- [10] Gierl, Mark J. en Bisanz, Jeffrey. Anxieties and Attitudes Related to Mathematics in Grades 3 and 6. In: *Journal of Experimental Education*, Volume 63, number 2, 1995, pp. 139-158.
- [11] Hannula, Markku, et al. Affect in mathematics education - exploring theoretical frameworks. In: *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Volume 1. 2004, pp. 107-136.
- [12] Heijden, Margriet van der. De Mozart van de wiskunde. In: *NRC Handelsblad*, 21 april 2007.
- [13] Hembree, Ray. The Nature, Effects, and Relief of Mathematics Anxiety. In *Journal for Research in Mathematics Education*, Volume 21, number 1. 1990, pp. 33-46.

- [14] Ho, Hsiu-Zu, et al. The Affective and Cognitive Dimensions of Math Anxiety: A Cross-National Study. In: *Journal for Research in Mathematics Education*, volume 31, number 3, 2000, pp. 362-379.
- [15] Illeris, Knud, 2002. *The Three Dimensions of Learning*. Krieger Publishing Company, Florida.
- [16] Lee (White) Lucas, Paula, 1998. *The Relation of Gender and Attitudes to Math Achievement Levels Among Fourth, Fifth, and Sixth Grade Students*, proefschrift aan West Virginia University, Morgantown, West Virginia, VS.
- [17] Liljedahl, Peter Gunnar, 2004. *The Aha! experience. Mathematical Contexts, Pedagogical Implications*, proefschrift aan Simon Fraser University, Burnaby, Canada.
- [18] Maanen, Jan van, 2007. *De koeiennon. Hoe rekenen en wiskunde te leren, en van wie?* Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Utrecht.
- [19] McLeod, Douglas B. Research on Affect in Mathematics Education: a Reconceptualization. In: Grouws, Douglas A., 1992. *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. Macmillan Publishing Company, New York, pp. 575-596.
- [20] Meece, Judith L. en Wigfield, Allan en Eccles, Jacquelynne S. Predictors of Math Anxiety and Its Influence on Young Adolescents' Course Enrollment Intentions and Performance in Mathematics. In: *Journal of Educational Psychology*, volume 82, nummer 1, 1990, pp. 60-70.
- [21] Miller, Heather en Bichsel, Jacqueline. Anxiety, working memory, gender, and math performance. In: *Personality and Individual Differences*, number 37, year 2004. pp 591-606.
- [22] Pólya, George, 1973. *How to Solve It*. Princeton University Press, Princeton.
- [23] Rubin, Herbert J. en Rubin, Irene S., 2005. *Qualitative Interviewing. The Art of Hearing Data. Second Edition*. Sage Publications Inc., Thousand Oaks, California, VS.
- [24] Schlöglmann, Wolfgang. Can neuroscience help us better understand affective reactions in mathematics learning? In: Mariotti, M.A. *Proceedings of the Third Conference of the European Society for Research in Mathematics Education*, 2004.
- [25] Schoenfeld, Alan H., 1985. *Mathematical Problem Solving*. Academic Press Inc., London.
- [26] Schoenfeld, Alan H. Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense Making in Mathematics. In: Grouws, Douglas A., 1992. *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. Macmillan Publishing Company, New York, pp. 334-370.
- [27] Skemp, Richard R., 1979. *Intelligence, Learning, and Action*. John Wiley & Sons, Chichester.
- [28] Steen, Lynn Arthur, 1999. Twenty Questions about Mathematical Reasoning. In: *Developing Mathematical Reasoning in Grades K-12*. Stiff, Lee, editor. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 1999, pp. 270-285.
- [29] Tall, David. The Transition to Advanced Mathematical Thinking: Functions, Limits, Infinity, and Proofs. In: Grouws, Douglas A., 1992. *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. Macmillan Publishing Company, New York, pp. 495-511.

- [30] Tobias, Sheila, 1993. *Overcoming Math Anxiety*. W.W. Norton & Company, New York-London.
- [31] Verloop, Nico en Lowyck, Joost, et al, 2003. *Onderwijskunde*. Wolters-Noordhoff bv, Groningen/Houten.
- [32] Wigfield, Allan en Meece, Judith L. Math Anxiety in Elementary and Secondary School Students. In: *Journal of Educational Psychology*, volume 80, nummer 2, 1988, pp. 210-216.

Bijlage A

Formulier voor interviews

Beste wiskundestudent,

Mijn naam is Aldine Aaten en ik ben op zoek naar studenten om te interviewen voor mijn wiskunde-afstudeeronderzoek in de Communicatie-Educatie-richting. Zou je dit formulier in willen vullen? Alvast bedankt!

Ik ben benieuwd naar hoe wiskundestudenten omgaan met wiskunde(opdrachten) op momenten dat ze het echt lastig vinden, dat ze even niet meer weten wat ze moeten/kunnen doen.

Heb jij hier wel eens last van?

Nooit / Soms / Regelmatig / Best vaak (omcirkel wat van toepassing is)

Hoe lastig vind jij wiskunde op een schaal van 1 tot 5 (1 = helemaal niet lastig, 5 = heel erg lastig, omcirkel wat van toepassing is)?

1 2 3 4 5

Het is voor het welslagen van mijn onderzoek erg belangrijk dat ik voldoende interviewkandidaten heb. Daarom wil ik je bij deze vragen of je mee wilt werken aan mijn onderzoek. Helaas kan ik er geen vergoeding tegenover stellen, maar ik wil het je zo makkelijk mogelijk maken door de interviews af te nemen op het Mathematisch Instituut op een moment dat het jou goed uitkomt.

Zou ik jou mogen interviewen? Ja / Nee

Om je te kunnen bereiken, wil ik graag het volgende van je weten:

Wat is je naam?

Wat is je e-mailadres?

Wat is je mobiele telefoonnummer?

Alvast hartelijk bedankt, Aldine Aaten

Bijlage B

Vragenlijsten

B.1 De gebruikte vragenlijst

Beste wiskundestudent,

Deze vragenlijst is een onderdeel van mijn afstudeeronderzoek in de Educatierichting van Wiskunde. Bij elke vraag kan je door omcirkelen, aankruisen of wegstrepen aangeven welke antwoorden op jou van toepassing zijn. Staat je antwoord er niet bij, vul het dan in op de stippellijntjes. Alvast bedankt voor je medewerking!

Aldine Aaten

Studente wiskunde aan de Universiteit Leiden, Aldine@math.leidenuniv.nl.

Leeftijd: ... M/V Ik doe nu: bachelor / dubbele bachelor / master

Jaar van aankomst: ... UL/TUD/UvA

1. Hoe goed was je in wiskunde op de middelbare school?
Ik behoorde tot 1 2 3 4 5 (1 = de zwakkeren, 5 = de besten)
2. Hoe goed schat je jezelf nu in?
Ik behoor tot 1 2 3 4 5 (1 = de zwakkeren, 5 = de besten)
3. Heb jij een wiskundeknobbel? ja / niet speciaal / nee / weet ik niet
4. Welke persoonlijke eigenschappen helpen jou in je wiskundestudie? (meerdere antwoorden mogelijk)
 - wiskundig talent
 - doorzettingsvermogen
 - interesse in wiskunde
 - discipline
 - creativiteit

- voorstellingsvermogen
 - goed met anderen kunnen samenwerken
 - relativiseringsvermogen
 - ...
5. Wiskundige theorie maak ik mij eigen door; (meerdere antwoorden mogelijk)
- de theorie toe te passen door middel van opgaven
 - de theorie goed door te lezen
 - colleges te volgen
 - een overzicht te maken van de theorie
 - eigen voorbeelden uit te werken
 - definities en stellingen uit mijn hoofd te leren
 - aantekeningen te maken tijdens college
 - proeftentamens te maken
 - diep na te denken over de theorie
 - er over te praten met anderen
 - ...
6. Waar studeer je het prettigst?
Thuis / kantine / bibliotheek / studieplekken op de universiteit/ ...
Omdat ...
7. Wanneer studeer je het prettigst? 's Ochtends / 's middags / 's avonds / 's nachts
8. Op wat voor dagen studeer je het prettigst? Op een collegedag / in het weekend / in de vakantie
9. Hoeveel uur besteed je per dag aan wiskunde, schat je?
Naast je colleges: ...
Als je die dag geen colleges hebt: ...
Als je tentamens aan het voorbereiden bent: ...
10. Als ik helemaal niet meer snap waar het college over gaat, dan denk ik; (meerdere antwoorden mogelijk)
- het is mijn eigen schuld, had ik de stof maar beter bij moeten houden
 - dat heeft iedereen wel eens
 - het is gewoon een heel moeilijk onderwerp
 - wát een slechte uitleg
 - ik moet eigenlijk het boek/dictaat helemaal vanaf het begin weer doornemen
 - ik kan het niet
 - zal ik het vak wel halen?
 - dat komt wel weer goed
 - ...
11. Als ik helemaal niet meer snap waar het college over gaat, dan doe ik het volgende; (meerdere antwoorden mogelijk)
- vraag ik de (werkgroep-)docent om hulp
 - vraag ik medestudenten om hulp
 - lees ik het hoofdstuk of de paragraaf opnieuw door
 - ga ik het boek of dictaat helemaal vanaf het begin weer doornemen
 - ga ik niet meer naar college

- ga ik juist naar college
 ben ik geneigd het bijltje er bij neer te gooien
 kijk ik in andere boeken
 wacht ik af of ik de stof het volgende college wel weer begrijp
 ...
12. Opgaven die wiskundige creativiteit vergen, vind ik; (meerdere antwoorden mogelijk)
 Leuk / lastig / uitdagend / frustrerend / vervelend / motiverend / bedreigend / ...
13. Als je je activiteiten voor je wiskundestudie van het afgelopen jaar verdeelt in theorie begrijpen, rekenopgaven maken en denkopgaven maken, hoe is die verdeling dan (totaal = 100%)?
- | | |
|--------------------------------|------|
| Theorie begrijpen: | ... |
| Rekenopgaven, bv berekeningen: | ... |
| Denkopgaven, bv bewijzen: | ... |
| | |
| Totaal | 100% |
14. (a) Ben je wel eens gestopt met een vak?
 Nooit / soms / regelmatig / vaak / altijd
- (b) Wat waren redenen daarvoor? (meerdere antwoorden mogelijk)
- Het onderwerp boeide me te weinig
 Het niveau lag te hoog
 Het kostte teveel tijd
 Ik had er niet genoeg tijd voor, omdat ...
 De colleges werden slecht gegeven
 Het boek/dictaat was niet te begrijpen
 Ik had er te weinig aan gedaan
 ...
15. Als je je tentamen met een zesje hebt gehaald, dan denk je; (meerdere antwoorden mogelijk)
- gelukkig, dat heb ik gehaald
 dat ga ik overdoen, want ik wil het echt begrepen hebben
 jammer dat ik er zo weinig aan gedaan heb
 voldoende voor de universiteit, maar niet genoeg voor mij
 als ik de stof zo matig ken, doe ik geen tentamen
 ...
16. (a) Droom je wel eens over wiskunde? Nooit / soms / regelmatig / vaak / altijd
- (b) Bijvoorbeeld over: ...
17. Word je wel eens wakker met de oplossing van een opgave in je hoofd?
 Nooit / soms / regelmatig / vaak / altijd
18. Werk je wel eens vrijwillig samen?
 Nooit / soms / regelmatig / vaak / altijd

19. Zou je meer of minder moeten samenwerken? (meerdere antwoorden mogelijk)
- Meer omdat:
- ik in m'n eentje vastloop
 - samenwerken efficiënter is
 - ik veel leer van anderen
 - ik dan bij blijf met de stof
 - ik de stof beter begrijp als ik er over praat
 - ...
- Minder omdat:
- ik het dan niet zelf kan
 - ik dan niet weet of ik het zelf kan
 - ik het vervelend vind als anderen het sneller weten
 - ik niet rustig na kan denken met anderen er bij
 - ik vind dat ik m'n huiswerk zelf moet maken
 - ...
20. Hoe vind je het om samen te werken met studenten die beter in wiskunde zijn dan jij? (meerd. antw. mog.)
- Leerzaam / vervelend / handig / frustrerend / prettig / maakt niet uit / doe ik nooit / ...
21. Hoe vind je het om samen te werken met studenten die minder goed in wiskunde zijn dan jij? (m. antw. mog.)
- Leerzaam / vervelend / handig / frustrerend / prettig / maakt niet uit / doe ik nooit / ...
22. Wat zijn voor jou de activiteiten die het doen van wiskunde leuk maken? (meerdere antwoorden mogelijk)
- Een probleem of een stukje theorie uitpuzzelen
 - Een probleem of een stukje theorie uitgepuzzeld hebben
 - Op college naar de uitleg van een goede docent luisteren
 - Een stelling bewezen hebben
 - Een berekening uitgewerkt hebben die klopt
 - Abstracte structuren begrijpen
 - De theorie in een praktijksituatie toepassen
 - Samen met iemand aan een probleem werken
 - Een aha-erlebnis krijgen (Het plotselinge gevoel van inzicht als je iets snapt, eureka-gevoel)
 - ...
23. Niet alle aspecten van het wiskunde studeren zijn even makkelijk. Wat vind jij lastig? (meerdere antw. mog.)
- Een stelling bewijzen
 - De theorie toepassen op een praktisch probleem
 - Een berekening uitwerken
 - Abstracte theorie begrijpen
 - Creatief zijn om bepaalde opgaven op te kunnen lossen
 - In m'n eentje huiswerksommen maken
 - Met studiegenoten huiswerksommen maken
 - Op werkcollege sommen maken
 - Op college de uitleg van de docent begrijpen

- Op tentamen laten zien wat ik kan
 - Dat het veel tijd kost
 - ...
24. Als een opgave niet lukt, dan; (meerdere antwoorden mogelijk)
- geef ik op
 - leg ik die even weg, misschien lukt het later nog
 - vraag ik hulp aan anderen
 - ga ik net zo lang door tot ik het antwoord heb
 - raak ik gefrustreerd en weet ik niet meer wat ik moet doen
 - ...
25. Wat maakt wiskunde leuk voor jou? (meerdere antwoorden mogelijk)
- Wiskunde is abstract
 - Wiskunde is logisch
 - Uitspraken zijn waar of niet waar (het is zwart-wit)
 - Ik ben er goed in
 - Wiskunde heeft veel praktische toepassingen
 - Wiskunde is een fundamentele wetenschap
 - De creativiteit die je moet gebruiken bij het oplossen van wiskundeopgaven
 - Wiskunde is uitdagend
 -
26. Hoe vaak heb je een aha-erlebnis?
Die heb ik nooit / eens in de maand / eens in de week / elke dag / meerdere malen per dag
27. Hoe vaak komt het voor dat de stof op college te snel gaat?
Nooit / soms / regelmatig / vaak / altijd
28. Hoe voel je je als je de stof niet begrijpt? (meerdere antwoorden mogelijk)
Uitgedaagd / bedreigd / geboeid / dom / naar / normaal / geïrriteerd / moedeloos / gespannen /
beschaamd / hulpeloos / boos / nerveus / ...
29. Doe jij wel eens meer dan de opgegeven theorie en opdrachten? (meerdere antwoorden mogelijk)
- nee
 - ik maak wel eens gebruik van andere boeken over hetzelfde onderwerp
 - ik lees soms extra stukken in het boek/dictaat
 - ik maak regelmatig extra opgaven
 - ik maak zoveel mogelijk sommen uit het boek/dictaat
 - ik lees wel eens wiskundeboeken over andere onderwerpen
 - ik blader zo nu en dan in wiskundige tijdschriften, namelijk: ...
 - ...
30. Hoe vaak gebruik je een rekenmachine?
Elke dag / eens in de week / eens in de maand / een paar keer per jaar / nooit
31. Hoe vaak gebruik je wiskundige software als Maple of Mathematica?
Elke dag / eens in de week / eens in de maand / een paar keer per jaar / nooit

32. Welke ideeën over wiskunde kan jij onderschrijven? (meerdere antwoorden mogelijk)

- Wiskunde is een moeilijk vak
 - Wiskunde is een creatief vak
 - Eigenlijk zijn we een stel hobbyisten
 - Eigenlijk zijn we een stel rare mensen
 - Ik doe nu wel wiskunde, maar eigenlijk hoor ik hier niet, want de rest is veel slimmer dan ik
 - Dit is wat ik altijd gewild heb
 - Wiskundestudenten zijn slimmer dan andere studenten
 - Wiskunde is een nuttig vak
 - ...
-

Dank je wel voor het invullen van deze vragenlijst! Ik hoop dat je het leuk vond.

Naar aanleiding van de vragenlijsten wil ik enkele studenten interviewen. Ik stel het zeer op prijs als je je naam en e-mailadres in zou willen vullen, zodat ik je eventueel kan benaderen (graag ook als je al eens een ander formulier van mij hebt ingevuld). Uiteraard wordt met deze gegevens vertrouwelijk omgegaan.

Naam:

E-mailadres:

Nogmaals bedankt!
Groetjes, Aldine Aaten

B.2 Aanvullende vragenlijst

Werkcolleges en tentamens

1. Vind je werkcolleges nuttiger of minder nuttig dan hoorcolleges?

nuttiger / net zo nuttig / minder nuttig

2. a) Van alle hoorcolleges van een vak, naar hoeveel procent ga jij gemiddeld genomen toe?

.....%

- b) Van alle werkcolleges van een vak, naar hoeveel procent ga jij gemiddeld genomen toe?

.....%

3. Welke onderdelen/aspecten van werkcolleges vind jij belangrijk? (meerdere antwoorden mogelijk)

- Sommen voorgemaakt zien worden
- Vragen stellen
- De theorie op een andere manier uitgelegd krijgen dan op hoorcollege
- Zelf opgaven maken
- Met andere studenten samenwerken
-

4. Welke tentamenvorm heeft jouw voorkeur en waarom?

- Schriftelijk tentamen
- Mondeling tentamen
- Take-home tentamen
- ...

Omdat:

5. Hoe bereid je een tentamen voor? (meerdere antwoorden mogelijk)

- Ik houd de stof bij gedurende de collegeperiode, dus hoef daarna niet zoveel meer te doen
- Ik bestudeer het boek en maak sommen uit het boek
- Ik maak oefententamens en bekijk de uitwerkingen die erbij horen
- Ik stel mezelf vragen over de stof en probeer die te beantwoorden
- Ik leer alles tot in de details
- Ik leer de stof tot ik het zo ongeveer ken en merk dan op tentamen of ik het begrepen heb
-

6. Heb je wel eens last van tentamenvrees (faalangst)?

– tijdens de voorbereiding? Nooit / Soms / Regelmatig / Vaak / Altijd

– tijdens het tentamen? Nooit / Soms / Regelmatig / Vaak / Altijd

– tijdens het terugkrijgen van het tentamencijfer?

 Nooit / Soms / Regelmatig / Vaak / Altijd

Eventuele toelichting:

Nogmaals bedankt voor je medewerking!

Bijlage C

Variabelen

Hier staat hoe ik de variabelen uit hoofdstuk 7 bepaald heb. Ik heb de antwoorden uit de vragenlijsten gebruikt om de waarde van de variabelen te bepalen.

Mate van belang van doorzetten en discipline voor de student

Doorzettingsvermogen/discipline = $A + B - C$, waarbij A, B en C staan voor:

- A. het aantal uren dat de student per dag aan wiskunde besteed, ten opzichte van het gemiddelde: (uren van de student - gemiddelde)/gemiddelde
- B. het aantal gegeven antwoorden dat getuigt van doorzettingsvermogen en/of discipline (op een schaal van 0 tot 1)
- C. het aantal gegeven antwoorden dat neigt naar opgeven, niet doorzetten en te weinig gedaan hebben (op een schaal van 0 tot 1)

Grootte van de variatie aan de door de student gebruikte strategieën

Strategie = $A + B + C + D$, waarbij:

- A. aantal gebruikte strategieën om zich wiskundige theorie eigen te maken (op een schaal van 0 tot 10)
- B. aantal gebruikte strategieën als de stof op college niet begrepen is (op een schaal van 0 tot 9)
- C. hoeveel de student samenwerkt (op een schaal van 0 tot 1)
- D. aantal activiteiten naast de voorgeschreven stof (op een schaal van 0 tot 3)

Grootte van de rol die samenwerken speelt voor de student

Samenwerken = $A + B - C$, waarbij:

- A. aantal gegeven antwoorden waarbij anderen een rol spelen tijdens het doen van wiskunde
- B. redenen om meer samen te gaan werken? (zo ja; 1, zo nee; 0)
- C. redenen om minder samen te gaan werken? (zo ja; 1, zo nee; 0)

Mate waarin de student gemotiveerd is voor de wiskundestudie

Motivatie = $A + B + C + D$, waarbij:

- A. interesse in de wiskunde als hulpmiddel in de studie (zo ja; 1, zo nee; 0)
- B. ontevreden bij matig cijfer (zo ja; 1, zo nee; 0)
- C. vindt wiskunde leuk, uitdagend of motiverend (zo ja; 1, zo nee; 0)
- D. heeft altijd wiskunde willen doen (zo ja; 1, zo nee; 0)

Hoe moeilijk de student de wiskunde(studie) vindt

Moeilijk = $A + B + C + D$, waarbij:

- A. aantal aspecten van de wiskunde die de student moeilijk vindt (op een schaal van 0 tot 7)
- B. hoe vaak de stof op college de stof te snel gaat (op een schaal van 0 tot 1)
- C. zegt zelf wiskunde moeilijk te vinden (0 of 1)
- D. is wel eens gestopt met een vak omdat het niveau te hoog was (0 of 1)

Hoeveel initiatiefrijke activiteiten de student ontplooit

Initiatief = $A + B + C$, waarbij:

- A. werkt eigen voorbeelden uit om zich de stof eigen te maken (0 of 1)
- B. denkt diep na over de stof (0 of 1)
- C. maakt overzichten van de stof (0 of 1)

Bijlage D

Uitgebreide categorisering

De gegevens uit zowel de literatuur als uit mijn onderzoek heb ik gecategoriseerd volgens de opsomming van affectieve leeractiviteiten zoals ik die vermeld heb in figuur 5.4.

D.1 Gegevens uit de literatuur

Toeschrijven van resultaten aan oorzakelijke factoren

- De stijl van de docent [6], academische achtergrond van de student [6], tijd (gevoel van urgentie) [6], talent [7]

Motiveren

- Vertrouwen in het leren van wiskunde [16], nieuwsgierigheid naar wiskunde [16], activiteit in wiskunde [16], uitdaging [7]

Concentreren

- Een lichamelijk comfortabele en emotioneel veilige omgeving [6], wiskunde is cumulatief opgebouwd [30], doorzettingsvermogen [7]

Zichzelf beoordelen

- Wiskundig vermogen in vergelijking met andere studenten [20], zelfbeeld [6], de verwachtingen en percepties die studenten hebben ten opzichte van zowel hun wiskundig vermogen als hun prestaties [32]

Waarderen

- Nut van wiskunde [6], doel van wiskunde [6], belang van wiskunde, van goed zijn in wiskunde en van goede cijfers in wiskunde [20]

Inspannen

- Zich geen beeld kunnen vormen [30], geen strategie kunnen bedenken [30], het niet kunnen bevatten van de informatie [30], geen start kunnen maken met het doorgronden van de informatie van een opgave [30], de overgang van intuïtieve begrippen versus formeel gedefinieerde

begrippen [29, p. 508], verwarring over de betekenis van woorden leidt tevens tot onthouden in plaats van begrijpen [30], op een systematische manier een vraag beantwoorden [7]

Omgaan met emoties

- Weinig vertrouwen in eigen intuïtie en ideeën [30], het gevoel hebben dat je het eigenlijk helemaal niet kan, dat je iedereen voor de gek houdt en dat dat een keer uitkomt [30], gevoel van schaamte [30], mentale blokkade [6], afgeleid worden, zich niet kunnen concentreren [6], hoofdpijn, gespannen spieren [6], wiskundeangst [20], [30], bang zijn [20], opzien tegen [20], nerveus zijn [20], woorden uit het dagelijks leven kunnen in de wiskunde een andere betekenis hebben, wat kan leiden tot een verminderd vertrouwen in de eigen intuïtie en het gevoel geen controle te hebben op wat er gebeurt [30], onzekerheid [7], machteloosheid [7]

Verwachten

- De wiskundestudie is te zwaar om in de beoogde tijd te voltooien, als je je de ‘juiste formule’ niet direct herinnert, dan zal je de opgave nooit op kunnen lossen, dus kan je net zo goed opgeven [30], de idee dat sommige mensen nu eenmaal geen wiskunde kunnen [30], wiskundebeoefening is een mystiek gebeuren, waar je bepaalde genen voor nodig hebt om het te kunnen [30], wiskunde als een mannelijk domein [16], verwachtingen ten opzichte van prestaties [20], wiskundige problemen hebben slechts één goed antwoord [26], studenten die de stof begrepen hebben kunnen elk willekeurig probleem binnen vijf minuten oplossen [26], gewone studenten kunnen niet verwachten de wiskunde echt begrijpen; zij verwachten slechts het te onthouden en mechanisch toe te passen wat ze geleerd hebben, zonder het te begrijpen [26], wiskunde is een eenzame activiteit, gedaan door individuen in isolatie [26], de waargenomen houding van de ouders ten opzichte van de student als iemand die wiskunde leert [16], de perceptie die de student heeft van de houding van de docent ten opzichte van hem/haar als iemand die wiskunde leert [16]

Omgeving

- Verwachtingen van leeftijdsgenoten, dat wiskunde iets is voor nerds en zeker niet voor meisjes [30], houding van de ouders ten opzichte van wiskunde [10], verwachtingen van ouders dat hun kind (met name in het geval van een dochter) geen wiskunde kan. [30]

D.2 Gegevens uit dit onderzoek

Toeschrijven van resultaten aan oorzakelijke factoren

Positieve prestaties worden door wiskundestudenten toegeschreven aan:

- strategieën
 - actieve strategieën; lezen, luisteren, toepassen, aan de slag gaan, nadenken, geconcentreerd zijn, opletten tijdens college
 - met andere studenten samenwerken
 - het onbewustzijn z'n werk laten doen
 - doorzetten; veel tijd en moeite in een vak stoppen
- persoonlijke eigenschappen
 - wiskundig inzicht (beeld/intuïtie hebben, creatief zijn, wiskundige basis)
 - talent
 - interesse
 - geduld
- omgeving
 - goed onderwijs; duidelijk vak, rustige opbouw van de stof, duidelijk boek, voldoende tijd op een toets

Negatieve prestaties worden door wiskundestudenten toegeschreven aan:

- strategieën
 - alleen werken, te lang doorgaan en daardoor niet verder komen, niet genoeg studeren
- persoonlijke eigenschappen
 - gebrek aan talent
- omgeving
 - afgeleid zijn door negatieve gedachten en gevoelens, tijdsdruk; niet goed na kunnen denken, niet alles doen, slecht onderwijs
- het vak
 - moeilijkheid van het vak (heel abstract, veel creativiteit gevergd), geen interesse in het vak

Motiveren

Wiskundestudenten worden gemotiveerd of motiveren zichzelf door:

- bewuste gedachten
 - weten dat het geen zin heeft te denken dat het niet gaat lukken, relativeren van slechte prestaties, de voldoening als iets af is, weten dat je het beter begrijpt als je er meer tijd in stopt, vind dat ik het moet kunnen

- samenwerken (meer vertrouwen dat het gaat lukken, anderen vinden het ook lastig, je begrijpt het beter)
- intrinsieke motivatie
 - interesse, wiskunde is uitdagend, de wil om de stof te begrijpen, nut van vak/leeractiviteit
- omgeving
 - goed onderwijs, tijdsdruk (dan moet het wel), tentamencijfers (laag cijfer; moet harder werken. niet het laagste cijfer; het is gewoon moeilijk), ouders, decaan op de middelbare school, studieadviseur

Demotivatie door:

- moeilijkheid
 - kost heel veel moeite, niet weten hoe verder te gaan, ook niet verder kunnen met andere opgaven, niveau ligt te hoog, geen beeld bij abstracte materie, studie lijkt heel erg moeilijk
- tijdsdruk
 - afweging benodigde tijd versus nut, tijdsdruk (het moet af, dan maar wat makkelijkere opgaven)
- emoties
 - steeds doorgaan leidt tot negatieve gedachten en gevoelens
- omgeving
 - slecht onderwijs, samenwerken (vervelend als anderen het sneller weten), weinig ECTS voor de hoeveelheid werk
- geen intrinsieke motivatie
 - geen nut (vak nergens voor nodig, bewijzen zijn al eerder bedacht), geen interesse

Concentreren

Concentratie is van belang bij:

- het begrijpen van de stof
 - opletten bij college, opletten bij het maken van opgaven, goed nadenken, het geheel overzien, eerst begrijpen dat iets zo is alvorens het te bewijzen

Concentratie wordt bemoeilijkt door:

- vervelend tijdstip van college ('s morgens vroeg of aan het eind van de middag)
- negatieve gedachten en gevoelens
 - in paniek raken, stress bij leren voor tentamens, moe zijn (heeft invloed op nuchter kunnen nadenken), negatieve gedachten ('het gaat me toch niet lukken'), irritatie door slechte prestatie

Studenten noemen als manier om om te gaan met afleiding en de concentratie te verhogen

- strategieën
 - bewust negeren van negatieve gedachten, relativëren als het niet lukt, niet te lang doorgaan (contraproductief), de opgave ook weg kunnen leggen, om uitstel vragen bij last van tijdsdruk
- omgeving
 - geschikte lokatie (stille lege ruimte of juist een plek waar je direct vragen kunt stellen)

Zichzelf beoordelen

- wiskundestudenten die ondergemiddeld goed zijn, betwijfelen of hun capaciteiten voldoende zijn om de studie te kunnen halen. Het is voor hun problematisch als ze ergens niet uit komen.
- wiskundestudenten die gemiddeld of bovengemiddeld goed zijn, staan zelfverzekerd in hun studie. Als zij iets lastig vinden, dan 'is' het ook lastig, dus vinden ze het niet zo erg.

Waarderen

Inschatten van relevantie van een taak, de benodigde tijd en de mentale inspanning:

- haalbaarheid
 - als het toch niet gaat lukken kan ik er net zo goed mee stoppen (keuzevak), is het vak nodig (verplicht of belangrijk), is het wel haalbaar in de tijd die ik heb?, ben ik er al wel klaar voor?, als je iets niet snapt moet je er meer tijd en energie in stoppen, soms lukt een som gewoon niet (relativeren), als het vak te hard gaat dan lukt het niet
- nut
 - huiswerkopgaven die veel punten opleveren, klopt het aantal ECTS/uren wel met de hoeveelheid werk?, heeft het nut? (bijvoorbeeld bewijzen die al heel vaak gedaan zijn), interesse
- efficiëntie
 - niet alles alleen doen (kost teveel tijd en samen begrijp je het beter)
- motivatie
 - lat hoog leggen (alles zelf willen doen en heel goed doen, ook al kost dat heel veel tijd), ik wil nog meer doen dan alleen wiskunde/alleen dat vak

Inspannen

De aard en de hoeveelheid van de mentale inspanning verschilt per activiteit.

- zich concentreren; het dictaat aandachtig lezen, college proberen te begrijpen, uitleg krijgen van medestudenten,
- goed nadenken; actief nadenken over wat er gebeurt (in de theorie), er goed en lang over nadenken
- verbanden leggen; de juiste definities combineren, puzzelen

- zich een beeld vormen; voorbeelden uitwerken, plaatjes maken, ingeving krijgen, beeld komt met de jaren
- overzicht hebben; inzien dat het logisch is
- doorzetten; er echt voor gaan om het te snappen, zelf oplossing proberen te bedenken, veel moeite in steken, nog harder gaan werken als het moeilijk wordt, vragen stellen, alles goed willen doen (en het je daardoor wel erg moeilijk maken)
- dingen doen; lezen wat je nodig hebt en dat toepassen in de sommen, bladeren in het dictaat, gewoon maar wat proberen, steeds verder kijken, veel sommen oefenen, op Internet kijken, clues uitwisselen, er over praten, samenwerken, stof van het college thuis uitwerken, vragen stellen tijdens college, aantekeningen maken, leren voor een tentamen, veel tijd in steken, huiswerk maken, netjes werken, algoritmes uitvoeren, berekeningen uitschrijven
- onthouden; feitjes, definities
- passief; onbewust er over nadenken, even opzij leggen en er later nog eens naar kijken, passief informatie opnemen tijdens college, stof door laten dringen tijdens college
- meta-activiteiten; op tijd inzien dat het tijd is te stoppen met een opgave, even te pauzeren, besluiten met het vak te stoppen

Omgaan met emoties

Negatieve emoties die studenten soms ervaren tijdens de wiskundebeoefening, zijn:

- frustratie, onzekerheid, twijfel, gespannenheid, nervositeit, oncomfortabel, hulpeloosheid, irritatie, angst

Situaties waarin deze emoties zich voordoen:

- frustratie als je het echt niet meer weet, als iets verschrikkelijk veel tijd en moeite kost en weinig oplevert
- vervelend als je het college niet snapt, aan anderen uitleg te moeten vragen, als je de enige bent die het niet snapt, dat anderen slimmer lijken te zijn(, om dingen uit het hoofd te leren)
- gevoel dommer dan de rest te zijn
- nervositeit door niet begrijpen, nerveus en bozig omdat het huiswerk niet lukt, zenuwachtig tijdens overweldigend eerste college, gespannen, chagrijnig, geïrriteerd als het niet lukt
- twijfel over eigen kunnen, over studiekeuze
- maak me zorgen of ik het tempo wel bij houd
- hulpeloos gevoel als je niet weet hoe verder te gaan
- minder enthousiast door vol programma en te hoog tempo, negatief, neerslachtig als huiswerk niet lukt
- faalangst
- bang worden omdat opdrachten te mogelijk lijken

- teleurgesteld en beetje wanhopig over eerste onvoldoende, steeds wanhopiger worden als een opgave niet lukt
- afhankelijkheid van anderen als ik het niet snap
- schuldig voelen als je niet alle ingeleverde opgaven begrijpt
- niet aan de docent willen laten merken dat je het niet snapt
- op je gemak voelen door vaderlijke docent

Strategieën om er mee om te gaan:

- rationeel benaderen (bewust gevoelens negeren); het komt wel goed, het is gewoon moeilijk
- vragen stellen of ergens zijn waar vragen gesteld kunnen worden; geeft vertrouwen
- als het echt niet wil; opgeven
- pauzeren en tot rust komen, de situatie relativiseren (er is meer dan studie, het hoeft niet nominaal, als deze opgave niet lukt doe ik wel een andere, ik zoek het later wel ergens op, sommige opgaven zijn nou eenmaal heel moeilijk); steeds doorgaan heeft geen zin
- bij twijfels over studiekeuze; gesprek met studieadviseur en gewoon proberen
- als de onvoldoende maar niet te ver onder het gemiddelde zit, is het vervelend, maar ook een extra stimulans om hard te werken; het is blijikbaar nou eenmaal moeilijk.
- samenwerken geeft vertrouwen; er is hulp in de buurt
- je realiseren dat anderen het ook niet altijd begrijpen
- actief humeur oppeppen door iets te gaan doen, met mensen te praten

Verwachten

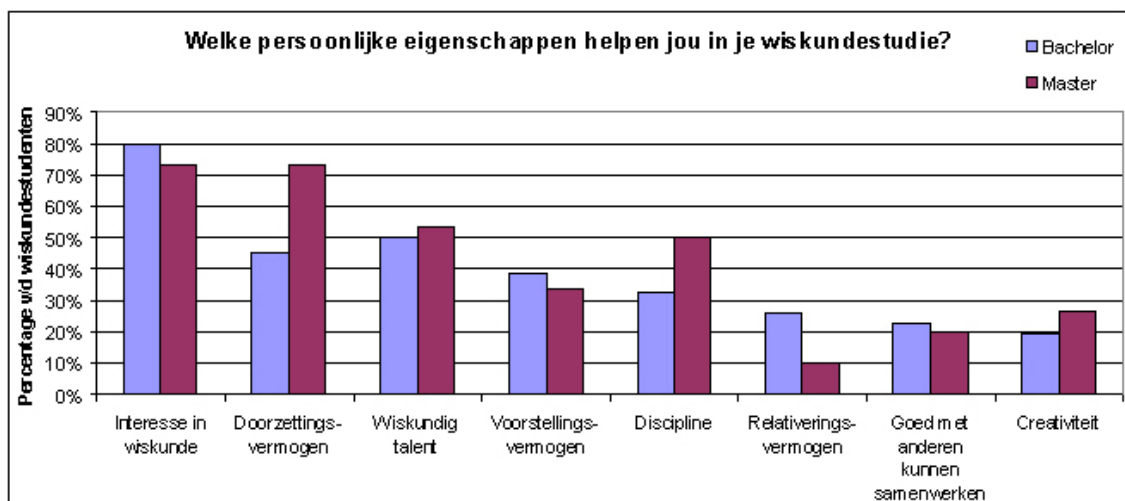
Verwachtingen en ideeën van studenten ten opzichte van hun studie:

- twijfels en beperkingen
 - ‘Zal ik de studie wel halen?’, ‘ik kan nou eenmaal niet alles begrijpen’, ‘ik had wel verwacht dat ik hier niet meer de slimste zou zijn’, ‘ik zal minder goed worden dan de anderen omdat ik er minder tijd in stop’
- positieve ideeën
 - ‘als ik iets niet snap dan snap ik het morgen misschien wel’, ‘na het halen van de propedeuse heb ik er meer vertrouwen in dat de rest ook wel lukt’, ‘ik mag er best wat langer over doen’, ‘ik kan de lat wat lager leggen, dan vergaat het me soepeler’

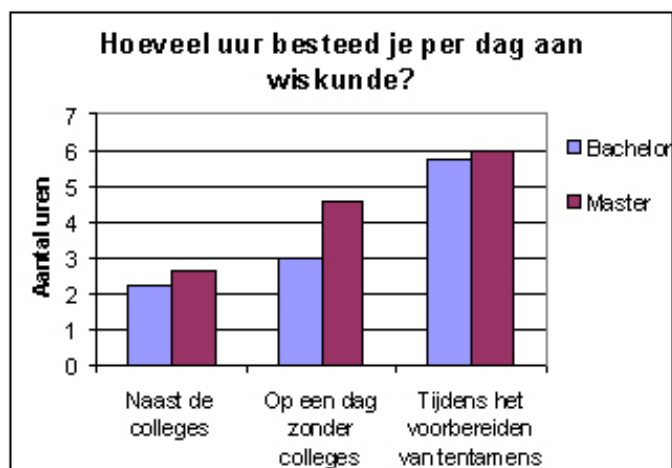
Bijlage E

Statistieken

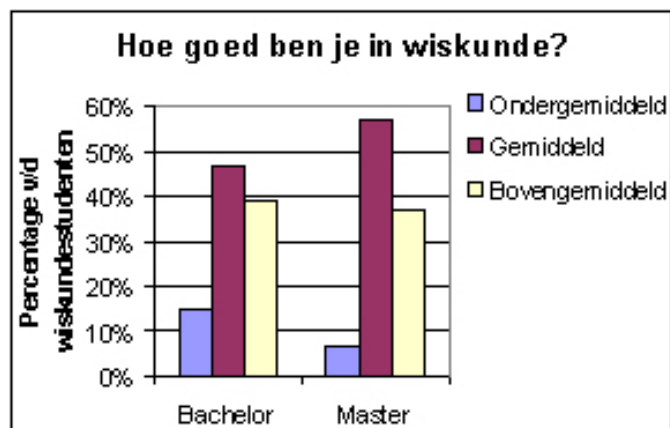
E.1 Bachelor versus master



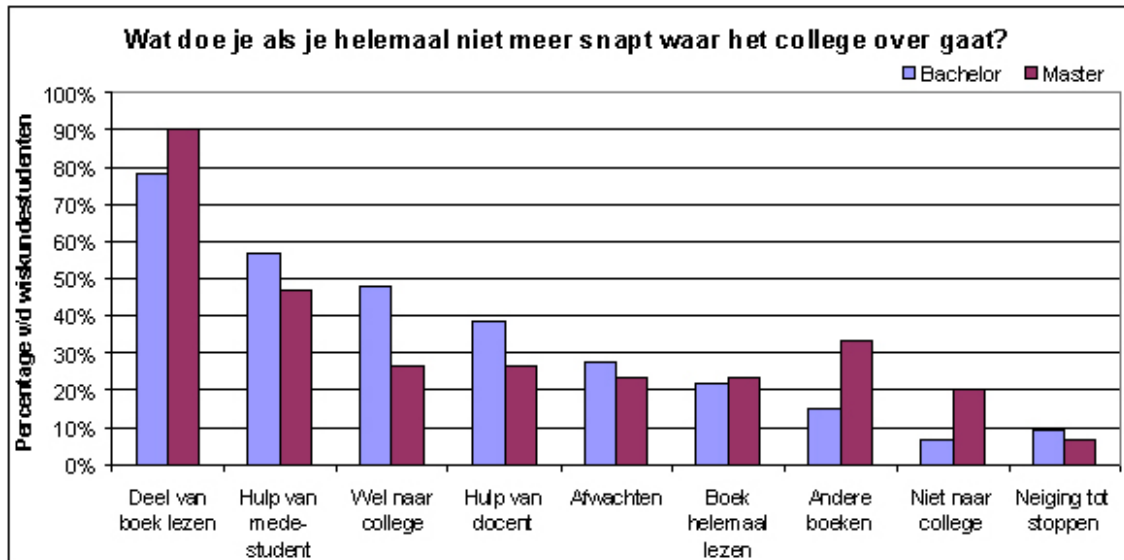
Figuur E.1: Welke persoonlijke eigenschappen de wiskundestudenten helpen in hun studie, opgesplitst naar bachelor en master.



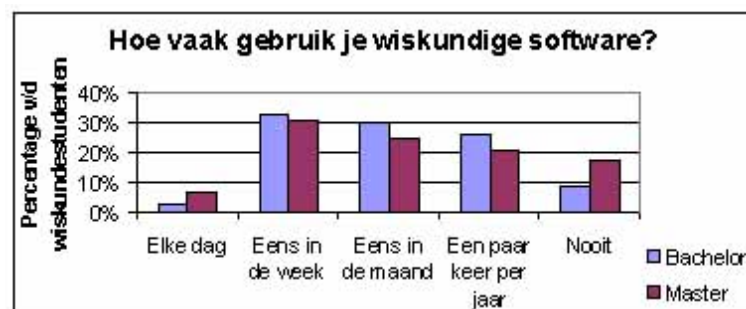
Figuur E.2: Hoeveel uren wiskundestudenten per dag aan wiskunde besteden, opgesplitst naar bachelor en master.



Figuur E.3: Wat wiskundestudenten denken over hun eigen kunnen, hoe goed ze zijn in wiskunde, bekeken per bachelor en master.

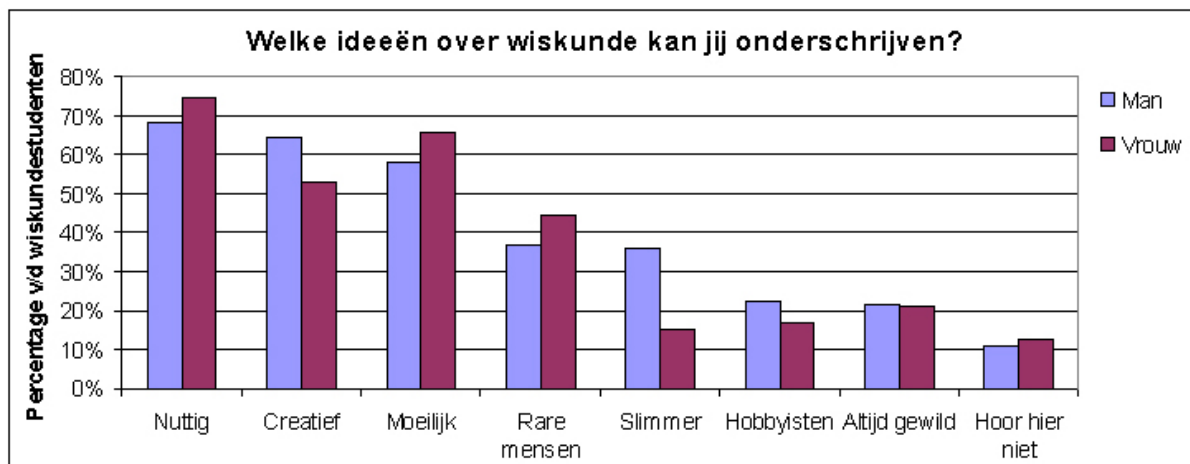


Figuur E.4: Wat wiskundestudenten doen als ze helemaal niet meer begrijpen waar het college over gaat, opgesplitst naar bachelor en master.



Figuur E.5: Hoe vaak wiskundestudenten wiskundige software als Maple en Mathematica gebruiken, opgesplitst naar bachelor en master.

E.2 Man versus vrouw

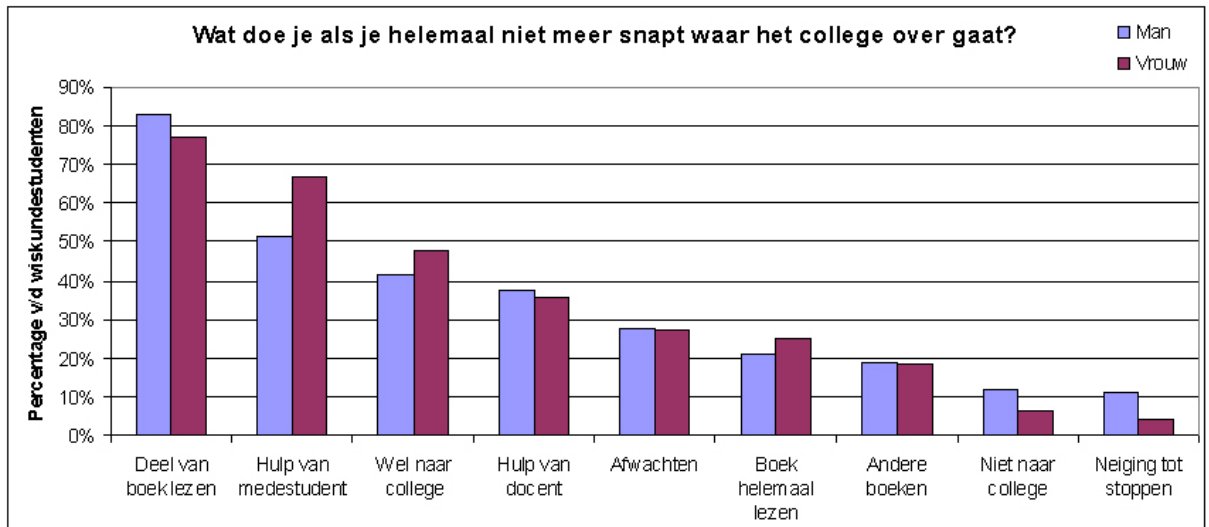


Figuur E.6: Ideeën van wiskundestudenten, uitgesplitst naar geslacht

Toelichting categorieën in figuur E.35:

Nuttig: Wiskunde is een nuttig vak
 Creatief: Wiskunde is een creatief vak
 Moeilijk: Wiskunde is een moeilijk vak
 Rare mensen: Eigenlijk zijn we een stel rare mensen

Slimmer: Wiskundestudenten zijn slimmer dan andere studenten
 Hobbyisten: Eigenlijk zijn we een stel hobbyisten
 Altijd gewild: Dit is wat ik altijd gewild heb
 Hoer hier niet: Ik doe nu wel wiskunde, maar eigenlijk hoor ik hier niet, want de rest is veel slimmer dan ik



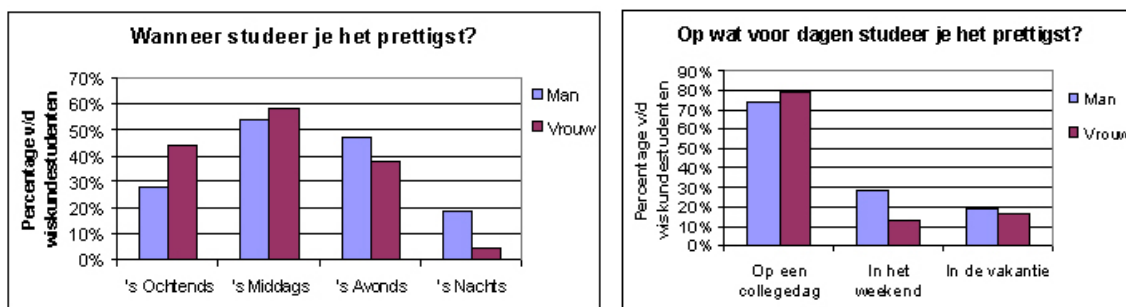
Figuur E.7: Wat wiskundestudenten doen als ze helemaal niet meer snappen waar het college over gaat, uitgesplitst naar geslacht

Toelichting categorieën in figuur E.35:

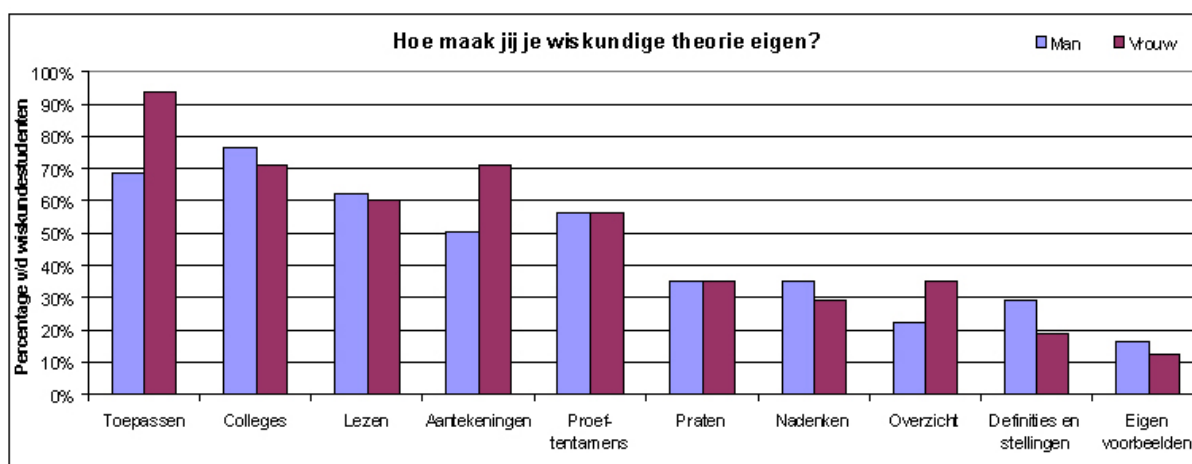
Deel van boek lezen:	Hoofdstuk of paragraaf opnieuw doorlezen	Boek helemaal lezen:	Het boek of dictaat helemaal vanaf het begin weer doornemen
Hulp van medestudent:	Medestudenten om hulp vragen	Andere boeken:	In andere boeken kijken
Wel naar college:	Juist wel naar college gaan	Niet naar college:	Niet meer naar college gaan
Hulp van docent:	(Werkgroep-)docent om hulp vragen	Neiging tot stoppen:	Geneigd zijn het bijltje er bij neer te gooien
Afwachten:	Afwachten of ik de stof het volgende college wel weer begrijp		



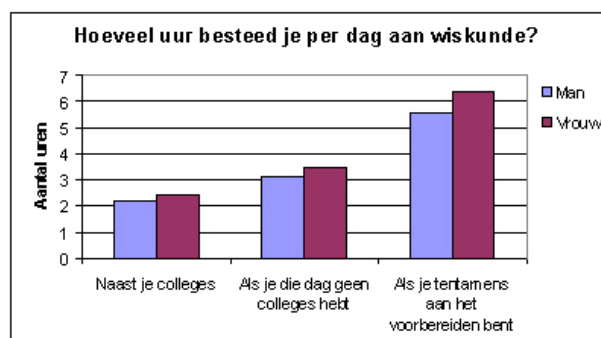
Figuur E.8: Hoe vaak de stof op college te snel gaat, opgesplitst naar geslacht.



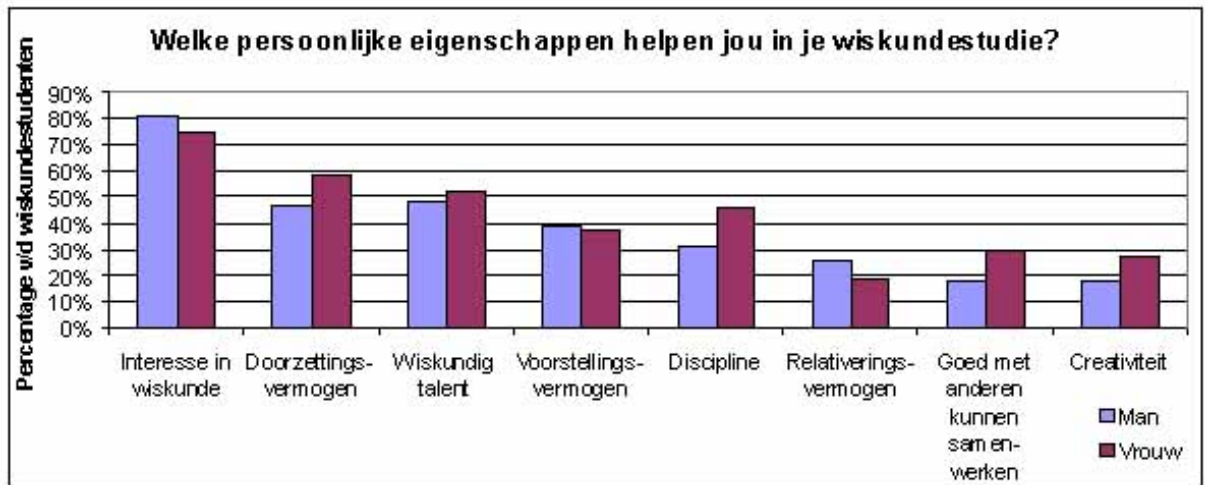
Figuur E.9: Wanneer wiskundestudenten het prettigst studeren, opgesplitst naar geslacht.



Figuur E.10: Hoe wiskundestudenten zich wiskundige theorie eigen maken, opgesplitst naar geslacht.



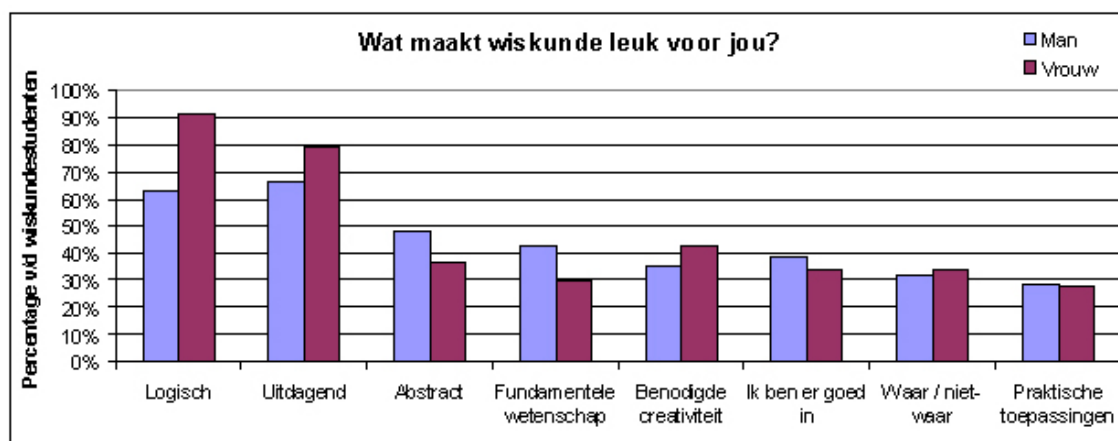
Figuur E.11: Hoeveel uur wiskundestudenten per dag aan wiskunde besteden, opgesplitst naar geslacht.



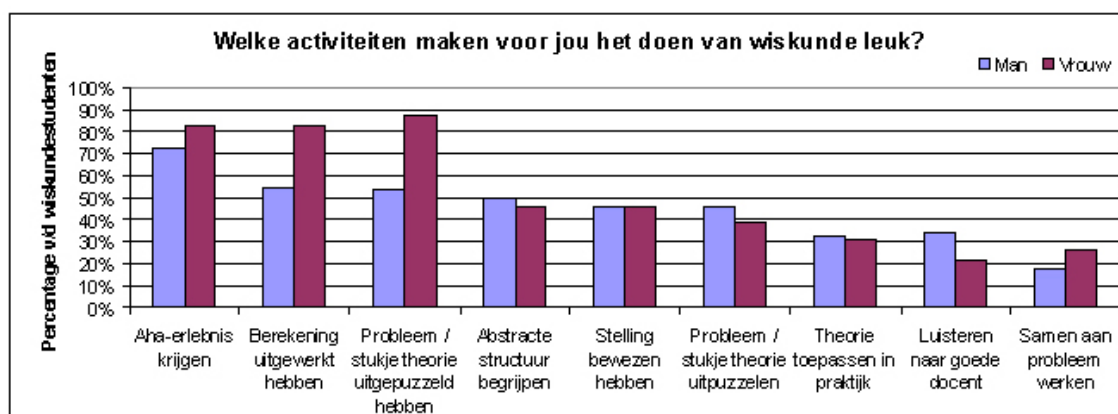
Figuur E.12: Persoonlijke eigenschappen die helpen in de wiskundestudie, opgesplitst naar geslacht.



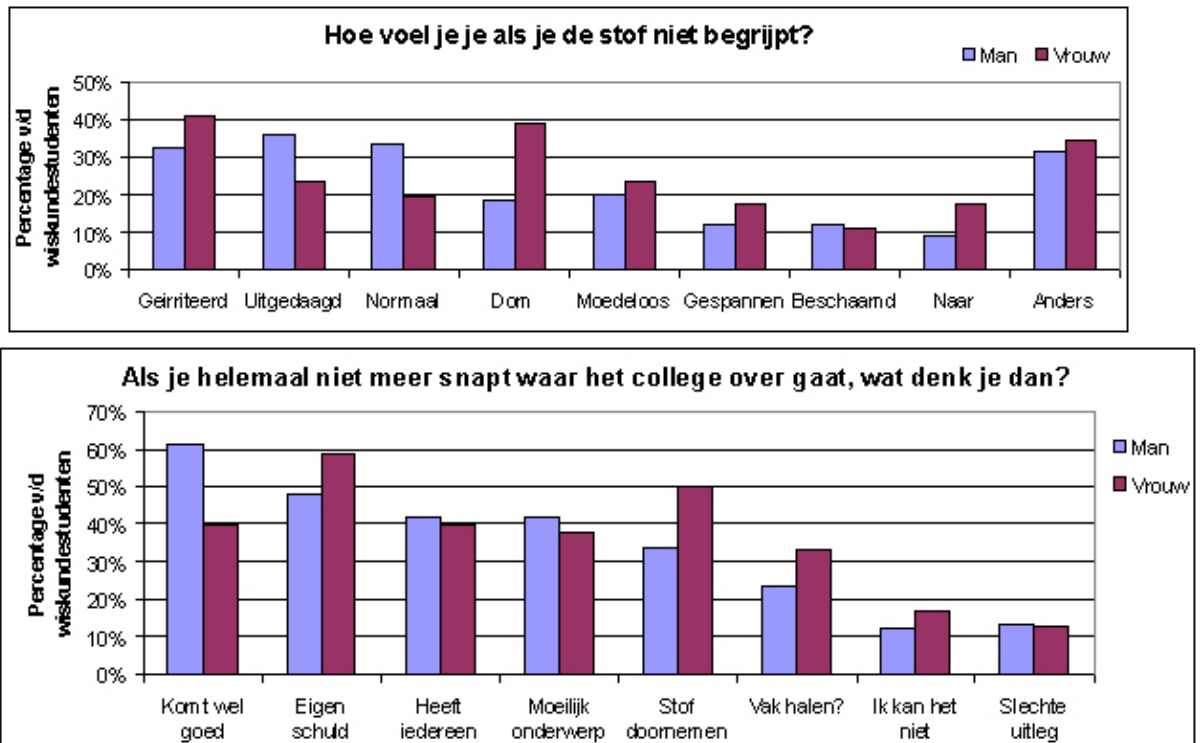
Figuur E.13: Wat voor wiskundestudenten redenen zijn om meer of juist minder samen te werken? Opgesplitst naar geslacht



Figuur E.14: Wat wiskundestudenten leuk vinden aan wiskunde, opgesplitst naar geslacht.



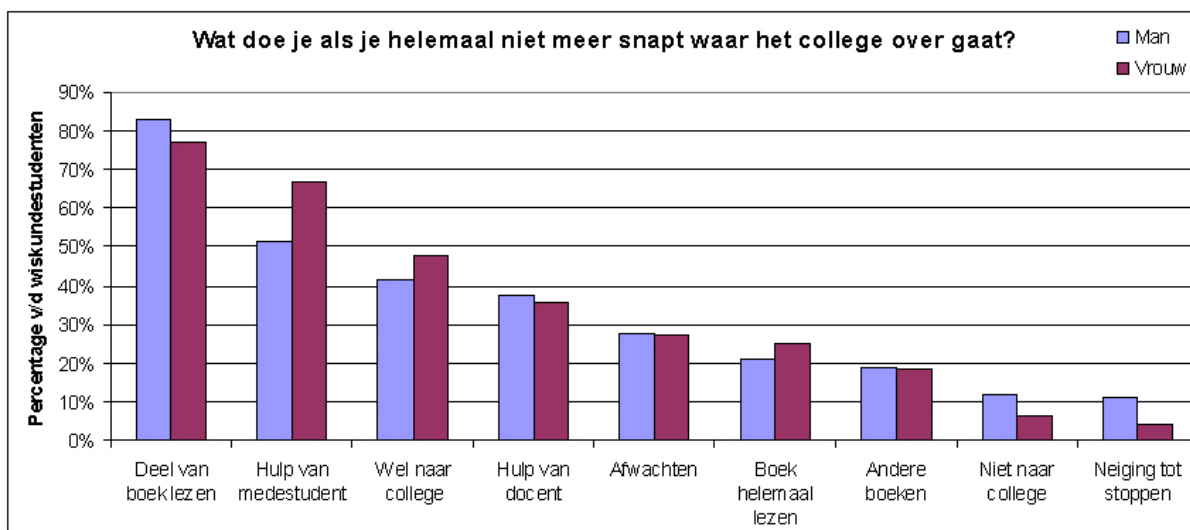
Figuur E.15: Welke wiskundige activiteiten wiskundestudenten leuk vinden, opgesplitst naar geslacht.



Figuur E.16: Wat wiskundestudenten denken en doen als ze helemaal niet meer begrijpen waar het college over gaat, opgesplitst naar geslacht.

Toelichting categorieën in figuur E.16:

Komt wel goed:	Dat komt wel weer goed	Stof doornemen:	Ik moet eigenlijk het boek/dictaat helemaal vanaf het begin weer doornemen
Eigen schuld:	Het is mijn eigen schuld, had ik de stof maar beter bij moeten houden	Vak halen?:	Zal ik het vak wel halen?
Heeft iedereen:	Dat heeft iedereen wel eens	Ik kan het niet:	Ik kan het niet
Moeilijk onderwerp:	Het is gewoon een heel moeilijk onderwerp	Slechte uitleg:	Wt een slechte uitleg



Figuur E.17: Wat wiskundestudenten doen als ze helemaal niet meer snappen waar het college over gaat, uitgesplitst naar geslacht

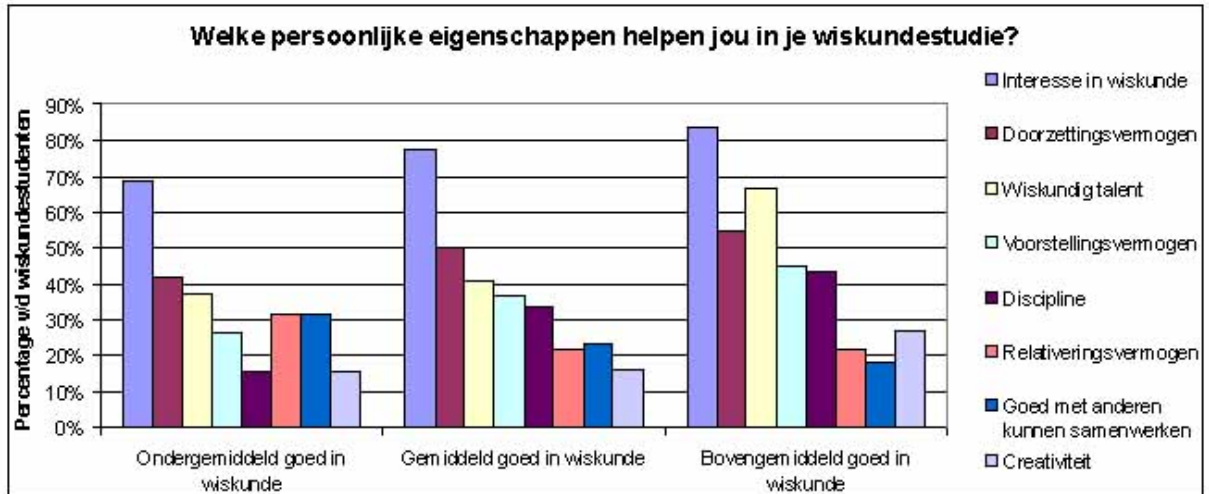
Toelichting categorieën in figuur E.35:

Deel van boek lezen:	Hoofdstuk of paragraaf opnieuw doorlezen	Boek helemaal lezen:	Het boek of dictaat helemaal vanaf het begin weer doornemen
Hulp van medestudent:	Medestudenten om hulp vragen	Andere boeken:	In andere boeken kijken
Wel naar college:	Juist wel naar college gaan	Niet naar college:	Niet meer naar college gaan
Hulp van docent:	(Werkgroep-)docent om hulp vragen	Neiging tot stoppen:	Geneigd zijn het bijltje er bij neer te gooien
Afwachten:	Afwachten of ik de stof het volgende college wel weer begrijp		

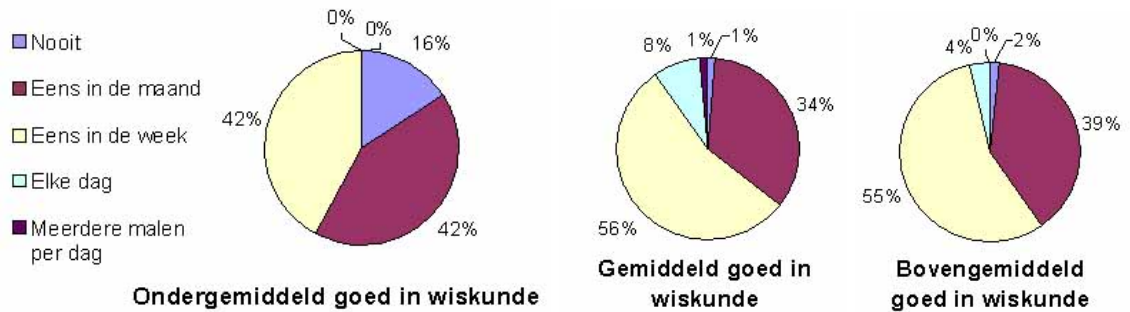


Figuur E.18: Hoe vaak de stof op college te snel gaat, opgesplitst naar geslacht.

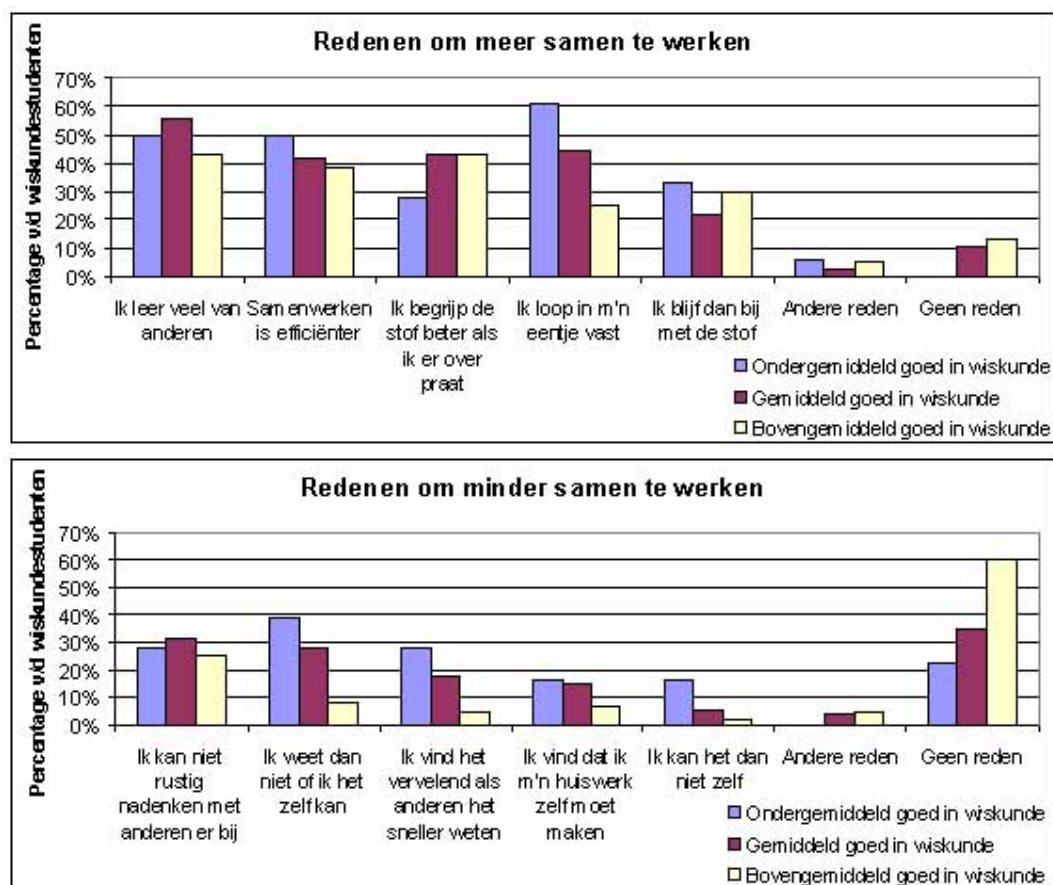
E.3 Per wiskundig zelfbeeld



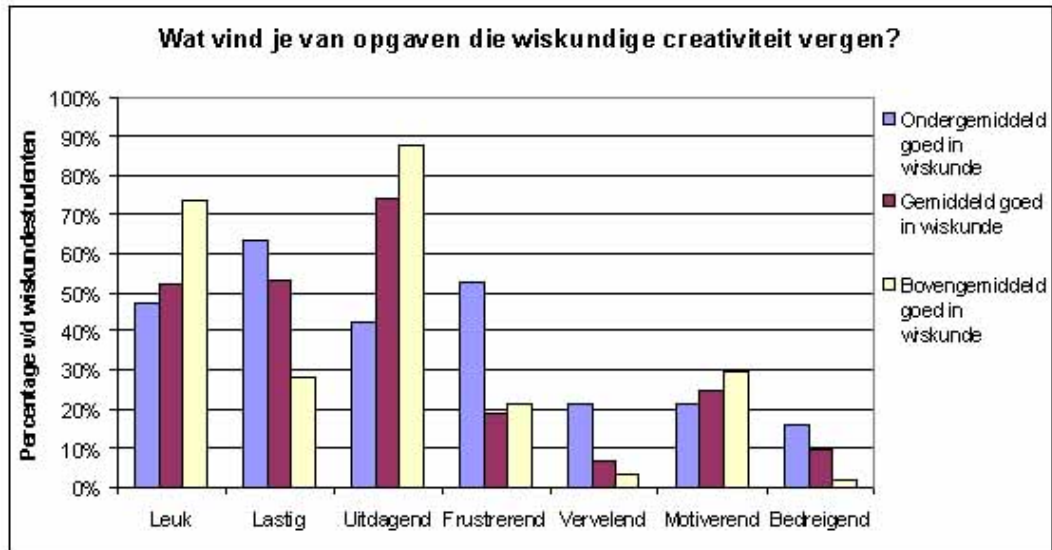
Figuur E.19: Persoonlijke eigenschappen die wiskundestudenten helpen in hun wiskundestudie, uitgesplitst naar hoe goed de studenten zeggen te zijn in wiskunde.



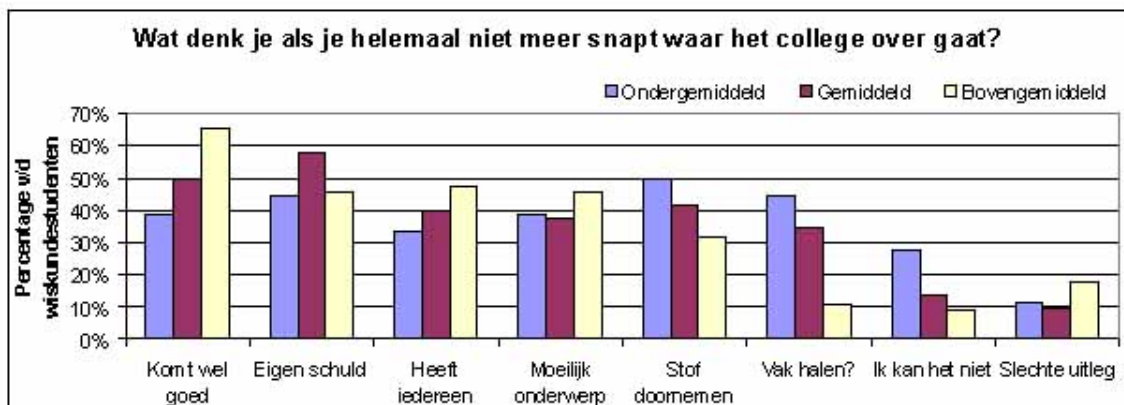
Figuur E.20: Hoe vaak wiskundestudenten een aha-erlebnis hebben, bekeken per hoe goed de wiskundestudenten zelf vinden dat ze zijn in wiskunde.



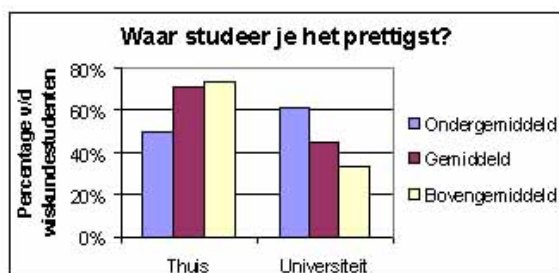
Figuur E.21: Redenen om meer of juist minder samen te werken, opgesplitst per zelfbeeld.



Figuur E.22: Wat wiskundestudenten van opgaven vinden die wiskundige creativiteit vergen, opgesplitst per zelfbeeld.



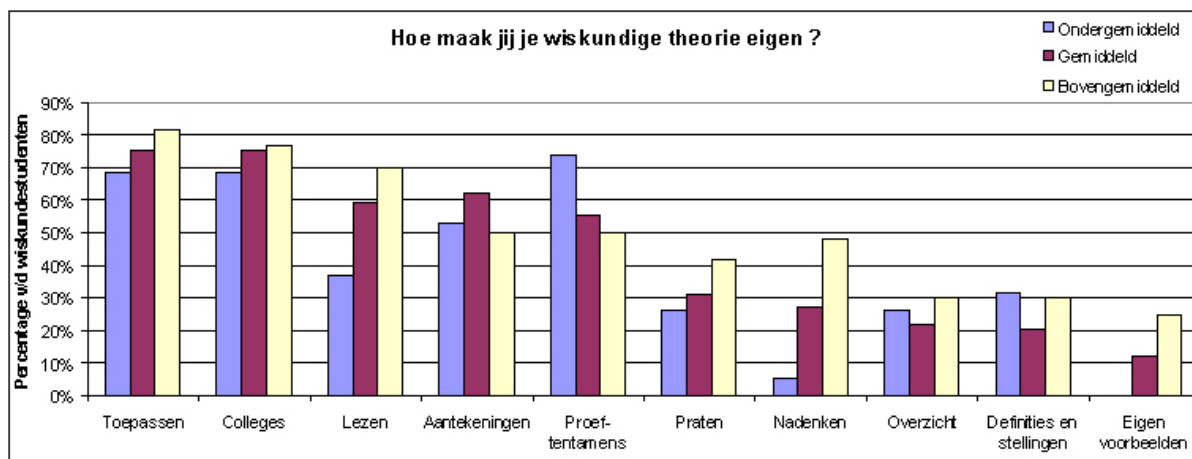
Figuur E.23: Wat wiskundestudenten denken als ze helemaal niet meer snappen waar het college over gaat, opgesplitst naar hoe goed de wiskundestudenten zelf vinden dat ze zijn in wiskunde.



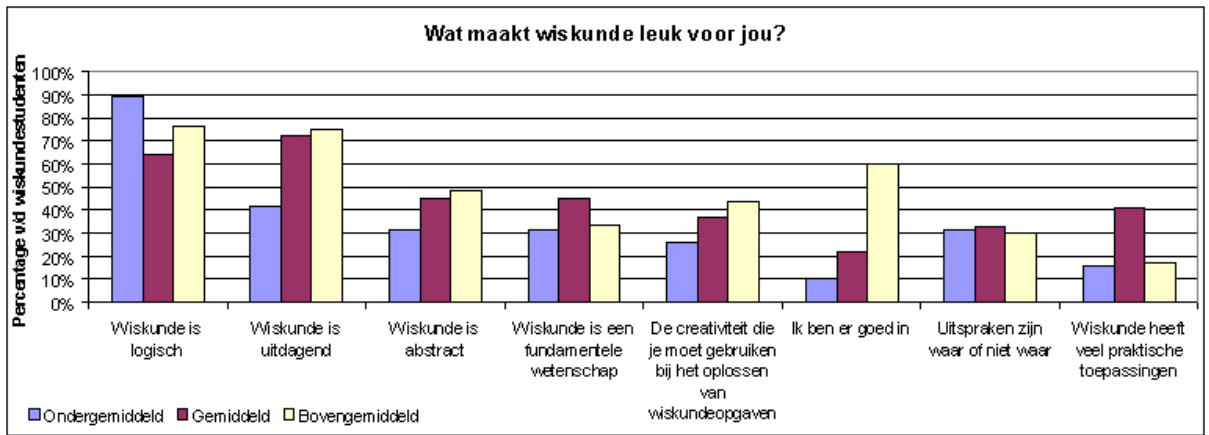
Figuur E.24: Waar wiskundestudenten het prettigst studeren; op de universiteit of thuis, bekeken per hoe goed ze zijn in wiskunde.

	Ondergemiddeld goed in wiskunde (%)	Gemiddeld goed in wiskunde (%)	Bovengemiddeld goed in wiskunde (%)
Rustig, geen afleiding	92	60	65
Comfortabel	0	14	20
Eigen plek, alles bij de hand	8	18	13
Mogelijkheid tot samenwerken	0	10	10
Mogelijkheid tot ontspannen	8	6	3
Mogelijkheid tot vragen stellen	0	4	5
Inspirerend	0	0	8
Anders	0	10	13

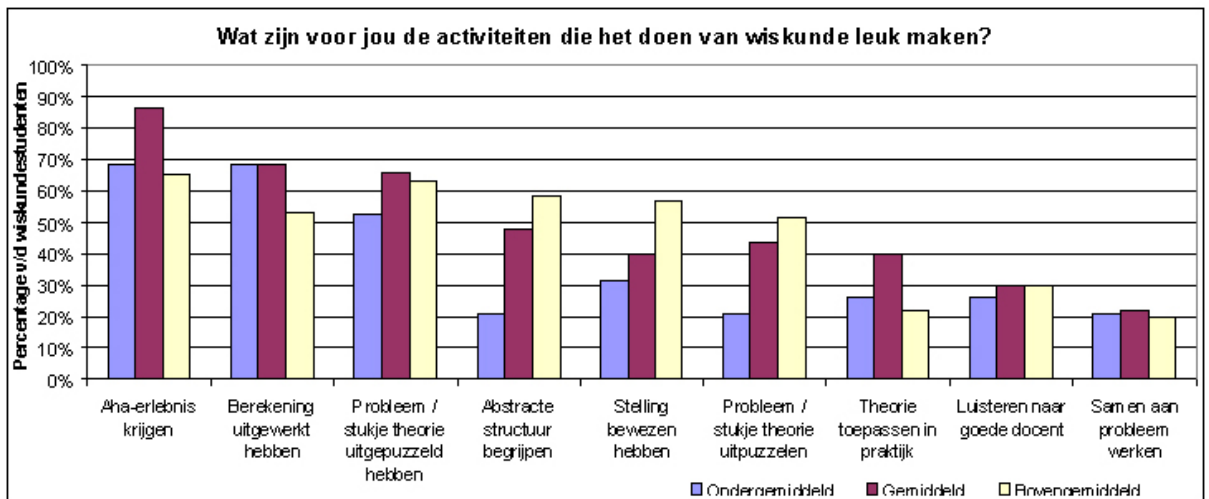
Figuur E.25: Oorzaken waardoor wiskundestudenten ergens prettig studeren, gecategoriseerd en opgesplitst per hoe goed de studenten zichzelf vinden in wiskunde.



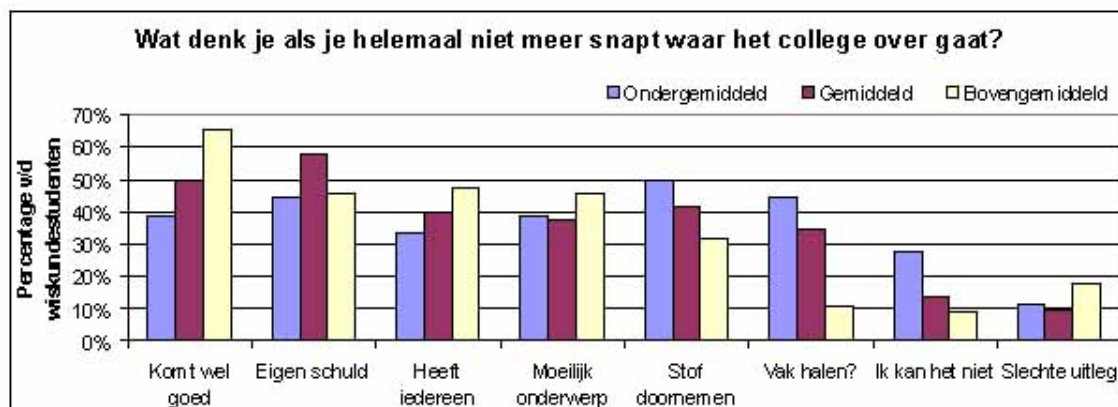
Figuur E.26: Hoe wiskundestudenten zich wiskundige theorie eigen maken, opgesplitst naar hoe goed ze zijn in wiskunde.



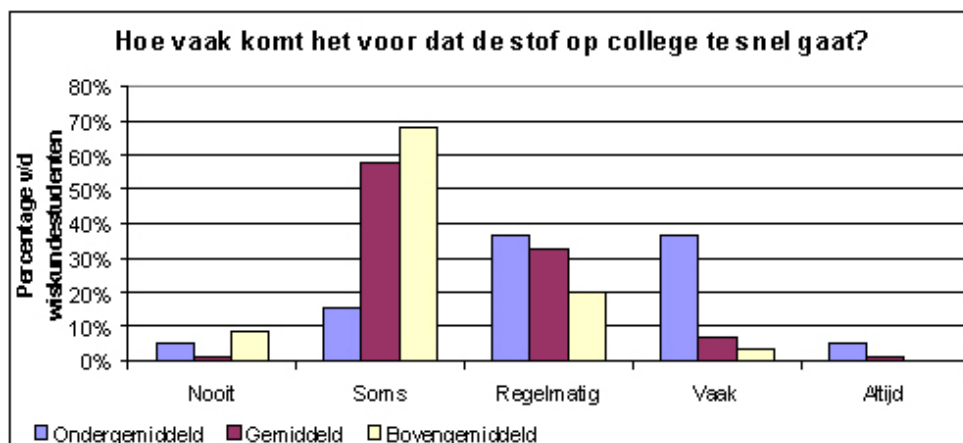
Figuur E.27: Wat wiskundestudenten leuk vinden aan wiskunde, opgesplitst naar hoe goed de wiskundestudenten zelf vinden dat ze zijn in wiskunde.



Figuur E.28: Welke activiteiten wiskundestudenten leuk vinden aan het doen van wiskunde, opgesplitst naar hoe goed de wiskundestudenten zelf vinden dat ze zijn in wiskunde.



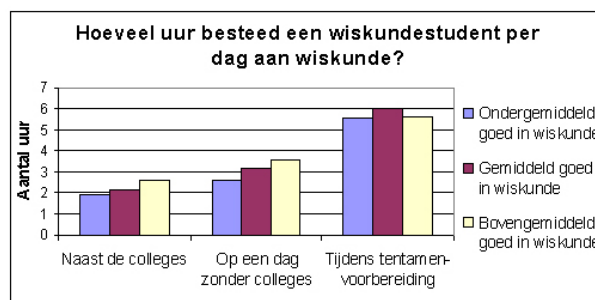
Figuur E.29: Wat wiskundestudenten denken als ze helemaal niet meer snappen waar het college over gaat, opgesplitst naar hoe goed de wiskundestudenten zelf vinden dat ze zijn in wiskunde.



Figuur E.30: Hoe vaak de stof op college te snel gaat, opgesplitst naar hoe goed de wiskundestudenten zelf vinden dat ze zijn in wiskunde.

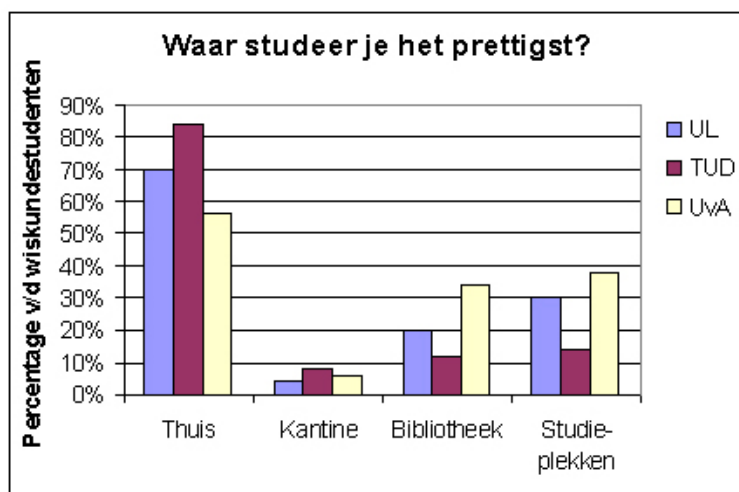


Figuur E.31: Wat wiskundestudenten doen als een opgave niet lukt, opgesplitst naar hoe goed de wiskundestudenten zelf vinden dat ze zijn in wiskunde.

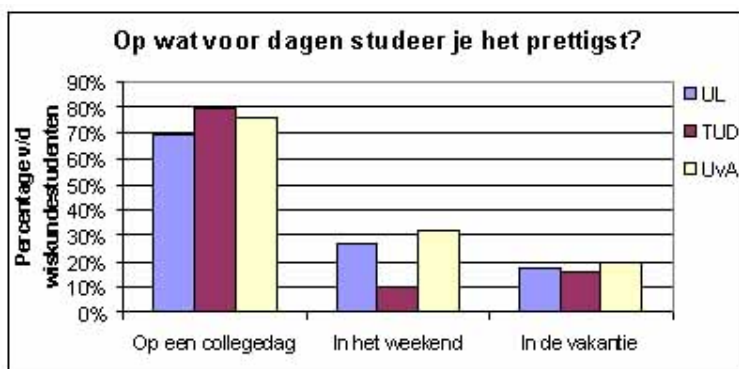


Figuur E.32: Hoeveel uur wiskundestudenten per dag aan wiskunde besteden, opgesplitst naar hoe goed de wiskundestudenten zelf vinden dat ze zijn in wiskunde.

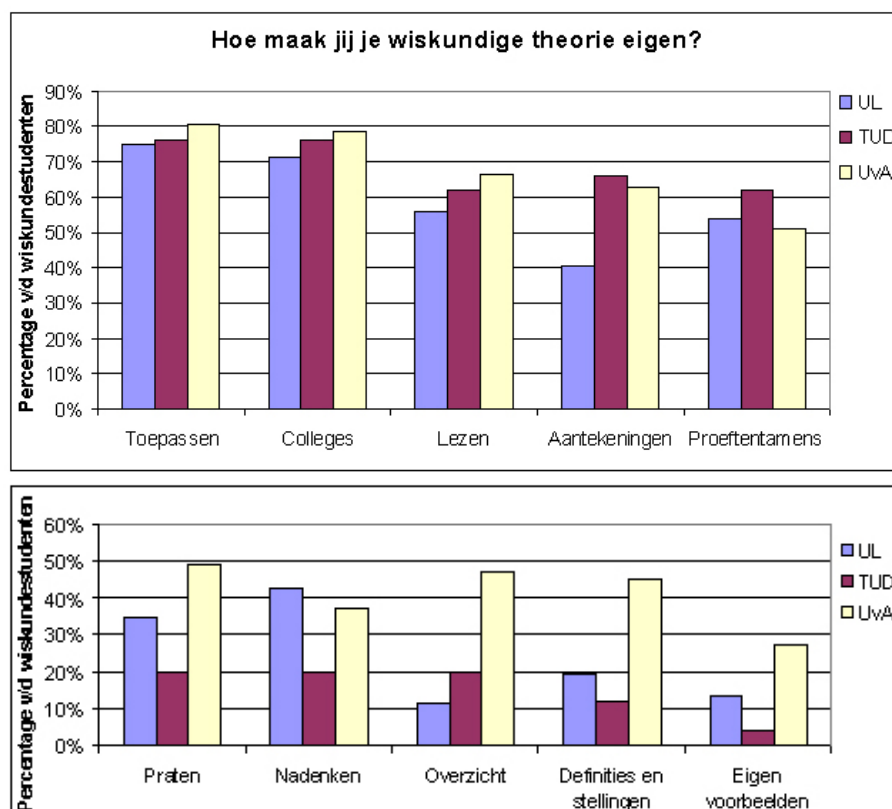
E.4 UL, TUD en UvA



Figuur E.33: Waar studeren wiskundestudenten het prettigst? Per universiteit bekeken

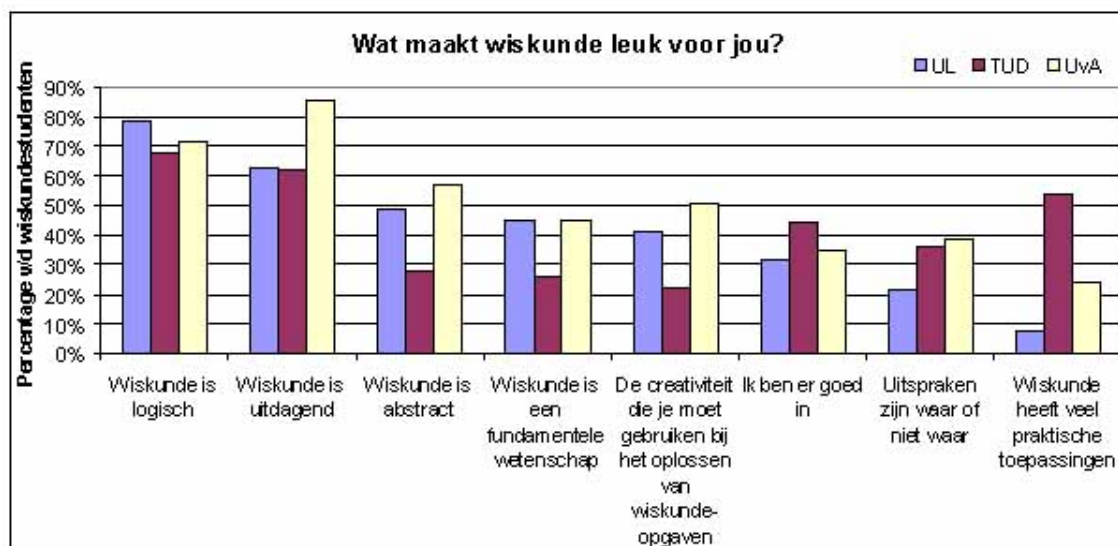


Figuur E.34: Studeren wiskundestudenten het liefst na college, op een collegevrije dag of in de vakantie? Ogesplitst naar universiteit

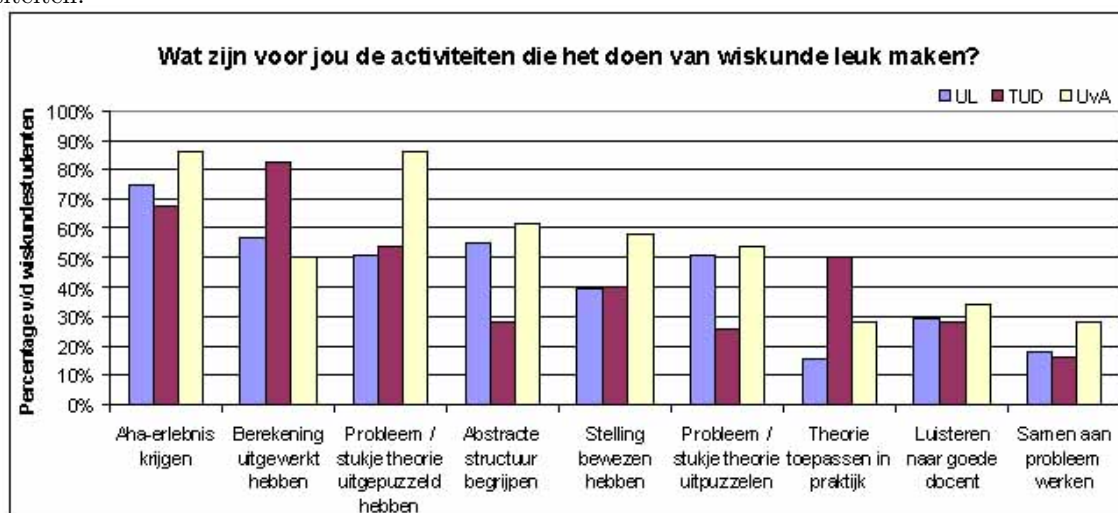


Figuur E.35: Hoe wiskundestudenten zich de theorie eigen maken, opgesplitst naar universiteit

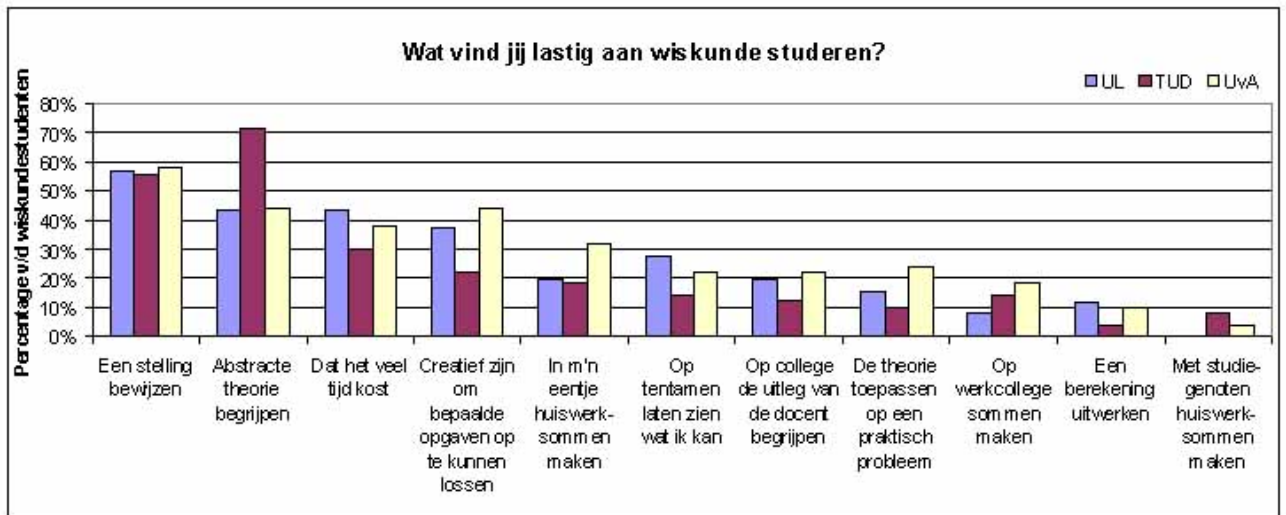
Verklaring	steekwoorden		
Toepassen:	Theorie toepassen door middel van opgaven	Praten:	Met anderen over de theorie praten
Colleges:	College volgen	Nadenken:	Diep nadenken over de theorie
Lezen:	Theorie goed doorlezen	Overzicht:	Overzicht maken van de theorie
Aantekeningen:	Aantekeningen maken tijdens college	Definities en stellingen:	Definities en stellingen uit het hoofd leren
Proeftentamens:	Proeftentamens maken	Eigen voorbeelden:	Eigen voorbeelden uitwerken



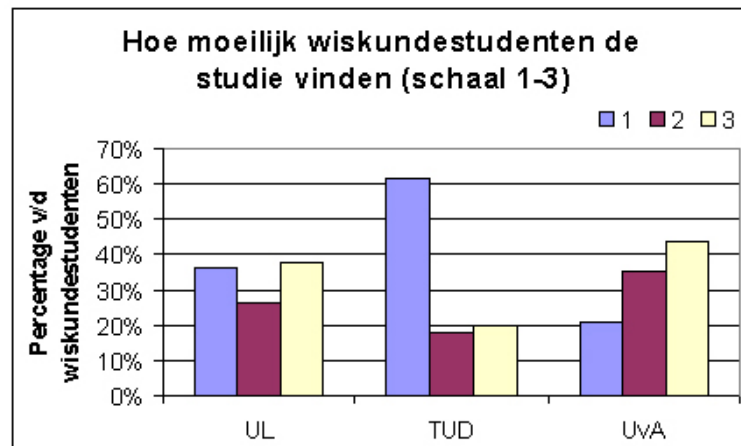
Figuur E.36: Welke aspecten van wiskunde wiskundestudenten leuk vinden, opgesplitst naar universiteiten.



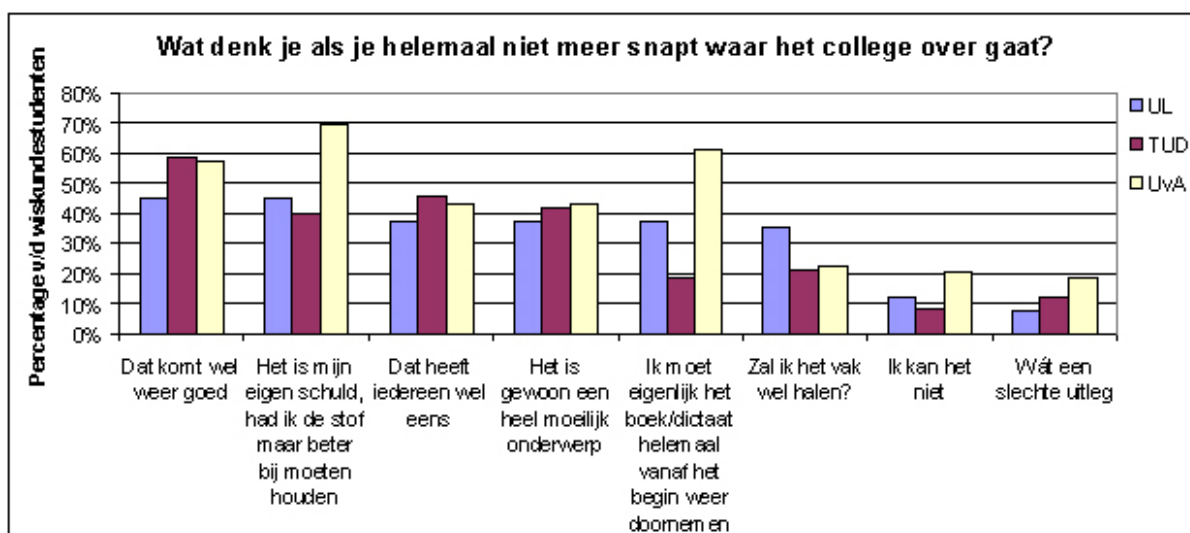
Figuur E.37: Welke activiteiten wiskundestudenten leuk vinden, opgesplitst naar universiteiten.



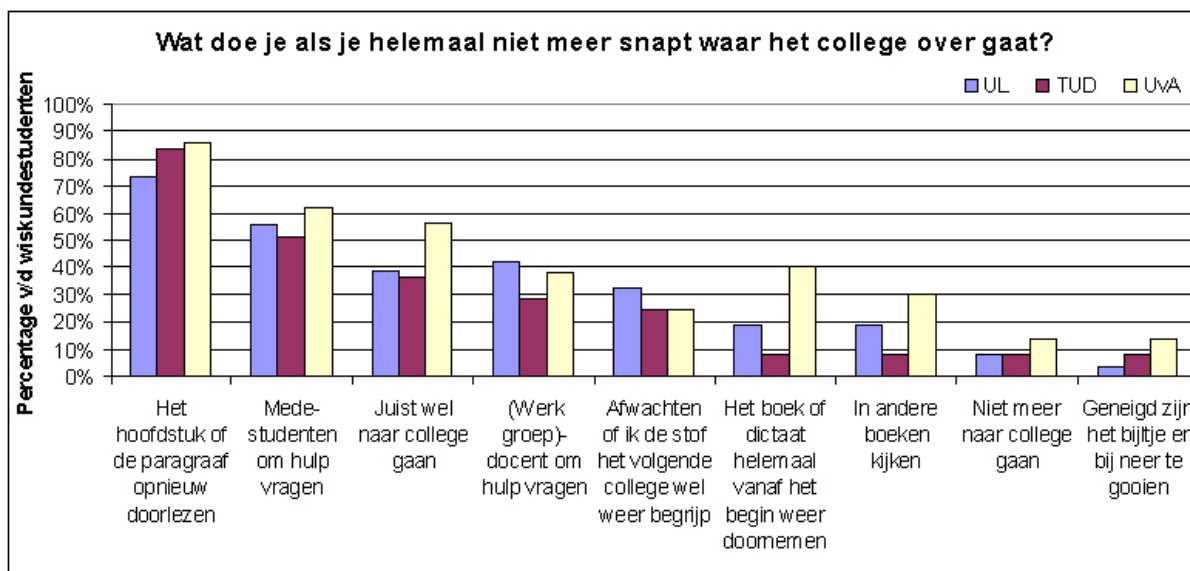
Figuur E.38: Wat wiskundestudenten lastig vinden, opgesplitst naar universiteiten.



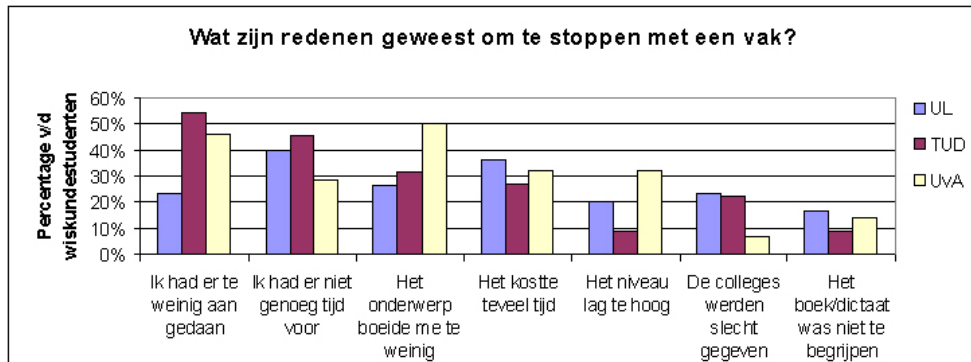
Figuur E.39: Hoe moeilijk wiskundestudenten hun studie vinden, opgesplitst naar universiteiten. Waarde gebaseerd op variabele 'moeilijk', zie C



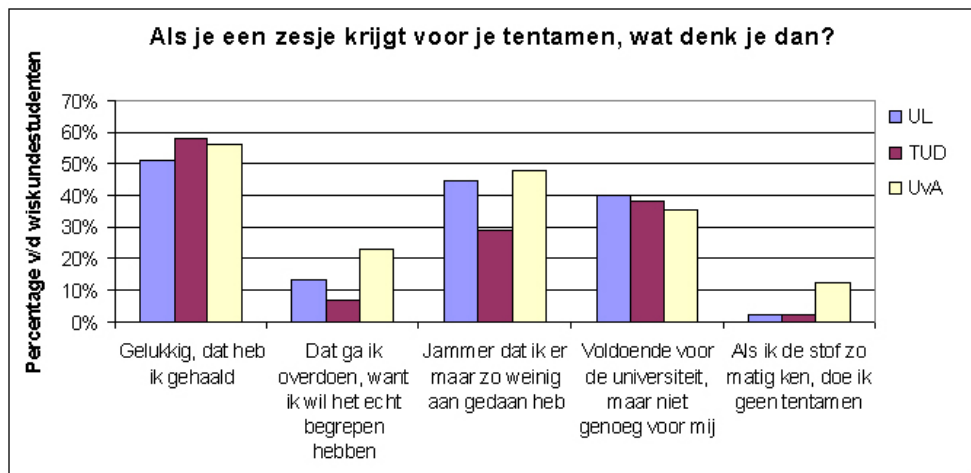
Figuur E.40: Wat wiskundestudenten **denken** als ze helemaal niet meer begrijpen waar het college over gaat, opgesplitst naar universiteit.



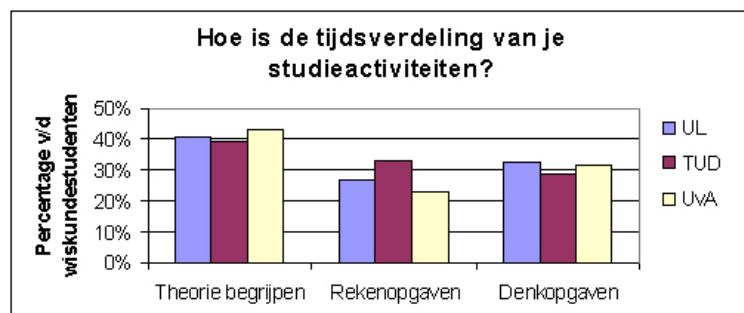
Figuur E.41: Wat wiskundestudenten **doen** als ze helemaal niet meer begrijpen waar het college over gaat, opgesplitst naar universiteit.



Figuur E.42: Waarom stoppen wiskundestudenten voortijdig met een vak? Opgesplitst naar universiteit



Figuur E.43: Wat vinden wiskundestudenten van een zes als tentamencijfer? Opgesplitst naar universiteit



Figuur E.44: Hoe wiskundestudenten hun studietijd verdelen tussen het begrijpen van theorie en het maken van opgaven. Opgesplitst naar universiteit

Bijlage F

Correlatiecoëfficiënten

De resultaten die ik in de tabellen in dit hoofdstuk opgenomen heb, zijn statistisch significant. Dat wil zeggen dat de kans dat de gevonden verschillen door toeval komen in plaats van door echte verschillen, klein is. Dit heb ik getest door middel van de χ^2 -test met behulp van SPSS.

Behalve de significantie staan ook vermeld de correlatiecoëfficiënten en het aantal personen op basis waarvan de correlatie en significantie bepaald zijn. De correlatiecoëfficiënten geven weer in welke mate de ene groep of variabele samenhangt of verschilt van de andere groep of variabele. De betekenis van de grootte van de correlatiecoëfficiënten is niet precies gedefinieerd, met uitzondering van de uitersten: 0 betekent geen verband, 1 betekent volledige verband. Om de gevonden waarden te kunnen interpreteren, volg ik Aron [1, p. 476], die stelt dat in de psychologie de volgende waardering van correlaties gehanteerd wordt:

Een correlatie van 0,10 is klein, 0,30 is redelijk en een correlatie van 0,50 is groot. De keuze voor deze waardering komt voort uit het feit dat variabelen vaak door veel verschillende aspecten beïnvloed worden, waardoor een correlatie groter dan 0,40 überhaupt haast niet voorkomt.

Spearman's ρ, signi- fantie en aantal	<i>Doorzet- tings- vermogen / disci- pline</i>	<i>Strat- egie</i>	<i>Samen- werken</i>	<i>Moti- vatie</i>	<i>Moei- lijk</i>	<i>Initia- tief</i>	<i>Opgeven</i>	<i>Tempo</i>	<i>Wis- kundig zelf- beeld</i>
<i>Doorzettings- vermogen / discipline</i>	1 143	0.268** 0.002 137		0.271** 0.001 141			-0.285** 0.001 142		
<i>Strategie</i>	0.268** 0.002 137	1 146	0.355** 0.000 144	0.359** 0.000 143	0.232** 0.006 141	0.416** 0.000 146			0.173* 0.037 145
<i>Samenwerken</i>		0.355** 0.000 144	1 149						
<i>Motivatatie</i>	0.271** 0.001 141	0.359** 0.000 143		1 149		0.360** 0.000 149			0.310** 0.000 148
<i>Moeilijk</i>		0.232** 0.006 141			1 148	0.162* 0.050 148		0.299** 0.000 148	-0.228** 0.006 147
<i>Initiatief</i>		0.416** 0.000 146		0.360** 0.000 149	0.206* 0.012 148	1 153			0.319** 0.000 153
<i>Opgeven</i>	-0.285** 0.001 142				0.162* 0.050 148		1 152	0.199* 0.015 150	
<i>Tempo</i>							0.199* 0.015 150	1 152	-0.391** 0.000 151
<i>Wiskundig zelfbeeld</i>		0.173 0.037 145		0.310** 0.000 148	-0.228** 0.006 147	0.319** 0.000 153		-0.391** 0.000 151	1 153

Figuur F.1: Spearman's correlatiecoëfficiënten, significantieniveau en aantal personen (wat wisselt doordat de vragenlijsten niet altijd volledig ingevuld waren). *: significantieniveau is 0,05 **: significantieniveau is 0,01.

Cramer's ϕ, significantie en aantal	<i>Geslacht</i>	<i>Bachelor / Master</i>	<i>Universiteit</i>	<i>College volgen</i>	<i>Opgaven maken</i>	<i>Abstract</i>	<i>Toegepast</i>
<i>Geslacht</i>					0.274** 0.001 151		
<i>Bachelor / Master</i>							
<i>Universiteit</i>						0.228* 0.019 153	0.398** 0.000 153
<i>College volgen</i>							0.204* 0.012 152
<i>Opgaven maken</i>	0.274** 0.001 151						
<i>Abstract</i>			0.228* 0.019 153				
<i>Toegepast</i>			0.398** 0.000 153	0.204* 0.012 152			
<i>Positieve emoties</i>						0.220** 0.007 150	
<i>Irritatie</i>							
<i>Negatieve emoties m.b.t. capaciteiten</i>	0.187* 0.023 147						
<i>Puzzelen</i>			0.247* 0.010 152				0.178* 0.027 153
<i>Uitgepuzzeld hebben</i>	0.305** 0.000 150		0.313** 0.001 152		0.256** 0.002 153	0.287** 0.000 153	

Figuur F.2: Cramer's ϕ voor combinaties van groepen waarvan het verband (zeer) significant is. (*: significantieniveau is 0,05 **: significantieniveau is 0,01.)

Cramer's ϕ, significantie en aantal	<i>Positieve emoties</i>	<i>Negatieve emoties, algemeen</i>	<i>Negatieve emoties m.b.t. capaciteiten</i>	<i>Puzzelen</i>	<i>Uitgepuzzeld hebben</i>
<i>Geslacht</i>			0.187* 0.023 147		0.305** 0.000 150
<i>Bachelor / Master</i>					
<i>Universiteit</i>				0.247* 0.010 152	0.313** 0.001 152
<i>College volgen</i>					
<i>Opgaven maken</i>					0.256** 0.002 153
<i>Abstract</i>					0.287** 0.000 153
<i>Toegepast</i>					
<i>Positieve emoties</i>					0.201* 0.014 149
<i>Negatieve emoties, algemeen</i>					
<i>Negatieve emoties m.b.t. capaciteiten</i>					
<i>Puzzelen</i>	0.217** 0.008 149		0.209* 0.011 149		0.271** 0.001 153
<i>Uitgepuzzeld hebben</i>	0.201* 0.014 149			0.271** 0.001 153	

Figuur F.3: Cramer's ϕ voor combinaties van groepen waarvan het verband (zeer) significant is, deel 2. (*: significantieniveau is 0,05 **: significantieniveau is 0,01.)

η , significantie en aantal	Doorzettingsvermogen / discipline	Strategie	Samenwerken	Motivatie	Moeilijk	Initiatief	Opgeven	Tempo	Wiskundig zelfbeeld
<i>Geslacht</i>									
<i>Bachelor / Master</i>							0.184 0.022 147		
<i>Universiteit</i>					0.316** 0.001 148	0.331** 0.001 153			
<i>College volgen</i>	0.240* 0.01 141	0.395** 0.000 146						0.120* 0.027 150	
<i>Opgaven maken</i>		0.418** 0.000 146	0.105* 0.021 149		0.261** 0.002 148				
<i>Abstract</i>		0.189* 0.037 146				0.233** 0.004 153			
<i>Toegepast</i>									0.122* 0.004 153
<i>Positieve emoties</i>							0.253** 0.005 148	0.205** 0.007 149	0.192* 0.039 149
<i>Negatieve emoties, algemeen</i>		0.251 0.006 143				0.201* 0.012 150			
<i>Negatieve emoties m.b.t. capaciteiten</i>									0.223* 0.025 149
<i>Puzzelen</i>				0.304** 0.004 148	0.013* 0.043 148				
<i>Uitgepuzzeld hebben</i>		0.262** 0.002 145		0.272** 0.007 148					

Figuur F.4: Correlatiecoëfficiënten η voor de combinaties van groepen en variabelen die (zeer) significant gecorreleerd zijn. (*: significantieniveau is 0,05 **: significantieniveau is 0,01.)

Bijlage G

Studentenaantallen Wiskunde aan de Universiteit Leiden

Ingeschrevenen opleiding Wiskunde naar sexe 1997-2006

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Totaal	83	65	61	65	75	76	81	98	91	104
Mannen	60	45	43	45	51	54	59	72	65	77
Vrouwen	23	20	18	20	24	22	22	26	26	27
% Vrouwen	28%	31%	30%	31%	32%	29%	27%	27%	29%	26%

Figuur G.1: Aantal ingeschreven wiskundestudenten aan de Universiteit Leiden, opgesplitst naar geslacht. Bron: 1-decembertellingen ISIS, bewerking BB/IM-BI