070830 Oratieboekje Boucherie 24-10-2007 14:49 Pagina 1

Universiteit Twente
de ondernemende universiteit

Don't Panic or Inside

Het antwoord of de vraag

door Prof. dr. R.J. Boucherie

Het antwoord of de vraag

Rede uitgesproken bij
het aanvaarden van het ambt
van hoogleraar

Stochastic Operations Research

aan de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica
van de Universiteit Twente
op donderdag 10 mei 2007
door

Prof.dr. R.J. Boucherie

Het antwoord of de vraag

Mijnheer de Rector Magnificus, Dames en Heren,

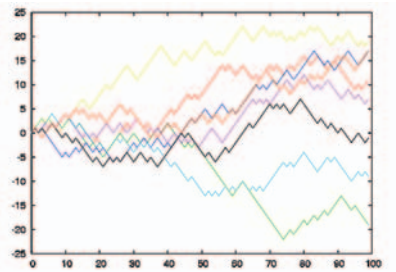
Inleiding

Drie jaar geleden ben ik benoemd tot bijzonder hoogleraar Stochastische Processen in Telecommunicatie en Logistiek, normaal een feestelijke gebeurtenis in het leven van een wetenschapper, die voor mij op een ongelukkig moment in mijn leven plaats vond. Voor een oratie had ik op dat moment onvoldoende rust. Per 1 juni 2006 ben ik benoemd tot gewoon hoogleraar Stochastic Operations Research. Deze benoeming geeft mij de gelegenheid alsnog een uiteenzetting te geven van mijn visie op mijn vakgebied en de randvoorwaarden waaronder ik mijn werk kan, mag en wil uitvoeren.

Dit komt voor mij precies op het goede moment, want zoals u weet, het leven begint bij 42, tevens het antwoord op de 'Ultieme Vraag over het Leven, het Universum en Alles'. Wat is werkelijk van belang? Het antwoord of de vraag? Wanneer deze uitspraak voor u op dit moment cryptisch is, Geen Paniek, ik kom hierop terug.

Stochastische Besliskunde is de Nederlandse naam voor Stochastic Operations Research. Stochastisch betekent waarschijnlijk (volgens Van Dale) of onzeker. Het lijkt duidelijk. Ik neem onzekere beslissingen. Dit is wellicht waar, maar slaat niet op mijn vakgebied. Bij Besliskunde zegt Van Dale: 'op een wiskundig model gebaseerde leer die de beste beslissingen moet opleveren'. Stochastische Besliskunde is het deel van de wiskunde dat zich bezig houdt met de analyse van systemen waarin onzekerheid een rol speelt, met als doel deze systemen te optimaliseren.

Het meest elementaire voorbeeld van een systeem waarin onzekerheid een rol speelt is gooien met een munt. De mogelijke uitkomsten zijn bekend, namelijk kop of munt, maar welk van de twee het gaat worden is op voorhand niet bekend. Voor een zuivere munt stellen we dat de kans op kop $^1/_2$ is, evenals de kans op munt. Zo komen we tot een eenvoudig stochastisch model. Hierin is geen sprake van beslissingen. Wanneer we het model een



beetje aanpassen, en niet kijken naar de uitkomst van een worp, maar naar het totale aantal keren kop minus het aantal keren munt in n worpen voor n=1,2,3,... vinden we een stochastisch proces. In de grafiek ziet u 8 realisaties voor de eerste 100 worpen. De evolutie van dit stochastisch proces vertoont grote gelijkenis met het gedrag van de aandelenbeurs, maar bijvoorbeeld ook met het gedrag van het aantal wachtende klanten in een rij voor een kassa in de supermarkt. Op de beurs nemen mensen dagelijks beslissingen over investeringen, in de supermarkt willen we graag zoveel kassa's inzetten dat de rij niet te lang wordt.

Beslissen onder onzekerheid. Stochastische Besliskunde is een onderdeel van de Toegepaste Wiskunde, al geef ik de voorkeur aan de term Toepasbare Wiskunde, waarbij de nadruk meer ligt op de theorie dan op de toepassing.

Ik zal u een schets geven van de onderdelen van mijn werk: onderzoek, onderwijs en management. Deze onderdelen zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden.

De universiteit is een school. Wie op een school werkt moet les geven. Ik zie het als een voorrecht om op verschillende niveaus sturing te mogen geven aan de ontwikkeling van veelal jonge mensen, en er naar te streven ze in zo veel mogelijk aspecten beter te laten worden dan ik. Dit zie ik als het ultieme doel van de docent. De universiteit is een school voor academisch onderwijs. Onderzoek vormt een belangrijke ingrediënt om dit onderwijs op hoog niveau te kunnen aanbieden. Betrekken van studenten bij onderzoek, het onderzoek in de collegezaal brengen, vormt een belangrijk onderdeel van academische vorming, en nodigt studenten uit zelf na te denken over de relevante vragen. De kern is gezamenlijke interesse in de wetenschap.

De uitdaging

Wetenschap moet gedreven zijn door nieuwsgierigheid, door zeer lange termijn uitdagingen, de vragen en problemen die we eigenlijk nog niet bedacht hebben. Op termijn zal onze samenleving veranderen als gevolg van voortschrijdende technologie. In de vorige eeuw is met de opkomst van Internet —wie had van te voren kunnen bedenken dat Internet zo snel zou groeien— veel gediscussieerd over een soort persoonlijk Internet adres waaronder je altijd en overal bereikbaar zou zijn, dit is tot op heden niet gerealiseerd. Met de opkomst van draadloze telefonie —wie had van te voren kunnen bedenken dat mobiele communicatie zo snel zou groeien— bleek in deze volledig andere context het persoonlijk nummer ineens mogelijk: u bent altijd en overal bereikbaar onder hetzelfde telefoonnummer, uw persoonlijke nummer. Zowel de enorme groei van Internet als van mobiele telefonie zijn voorbeelden van eigenlijk ongeplande ontwikkelingen, die gaandeweg onze maatschappij op haar kop hebben gezet. Deze ontwikkelingen zijn overigens mede mogelijk gemaakt door toepassingen van de Besliskunde. Uiteraard zijn er ook ontdekkingen die niet doorbreken, daar horen we eenvoudig niet zo veel van, maar ook deze leiden vaak tot wetenschappelijke of technologische vernieuwingen. Het is juist de vrijheid, het vrije onderzoek dat doorbraken mogelijk maakt.

Wanneer ik zelf denk aan de toekomst, komt bij mij de introductietekst van de Star Trek serie naar boven: 'To boldly go where no man has gone before.' [1]

Dit is natuurlijk helemaal van toepassing op wetenschappelijk onderzoek. Wanneer ik meer concreet zou moeten zijn, denk ik aan de transporter uit Star Trek. 'Beam me up Scotty'[2]. Voor mij een interessante combinatie van communicatie (die hele mens moet worden verstuurd), van logistiek (alles moet weer op het juiste moment en op de juiste plek in het lichaam terecht komen), en van gezondheidszorg (je moet het wel overleven). [3]

Nu denkt u, dat lukt nooit, maar mijn vraag aan u is dan : 'Is dat erg?' Ten eerste is het niet zo zeker dat het niet gaat lukken, denk aan Geordi's visor, ook een gadget uit de serie, dat inmiddels gedeeltelijk is gerealiseerd, getuige bijvoorbeeld de grote kop 'Videobril voor blinden' in de Kidsweek van 23 februari 2007. Ten tweede, het vrije onderzoek dat we mogelijk maken bij het nastreven van deze droom of vraag is van veel meer belang dan het uiteindelijke antwoord.

Gaan we iets verder terug in de tijd, dan komen we bij problemen die we kunnen overzien. Het huis van de toekomst, waarin apparaten zich automatisch aanpassen aan de persoonlijke wensen van de aanwezige personen is als prototype al bijna gerealiseerd. De koelkast en voorraadkast die automatisch bestellingen plaatsen in de supermarkt, de geïntegreerde televisie/telefoon/pc die automatisch de getoonde informatie aanpast aan de gebruiker lijken toekomstmuziek, maar zijn eigenlijk al mogelijk. Draadloos mobiel Internet bestaat, maar wordt nog nauwelijks gebruikt. 'Ooit breekt mobiel internet door – maar wanneer?' kopt NRC Handelsblad op 5 mei 2007.

Zijn alle vragen dan al beantwoord, alle problemen al opgelost? Zeker niet, dat lezen we dagelijks in de krant. De vergrijzing zorgt voor wachtlijsten in de gezondheidszorg. Efficiënt inrichten van ziekenhuizen en zorgketens vormt een speerpunt in mijn onderzoek. Moderne communicatiesystemen zullen meer en meer infrastructuurloos zijn. Communicatie tussen auto's zorgt voor een efficiënte doorstroming in het verkeer. Modellering en analyse van moderne communicatiesystemen vormt een tweede speerpunt.
De derde speerpunt wordt gevormd door de ketenlogistiek, modellering en analyse van voorraad- en productiesystemen. Naast deze toepassingen wil ik mij uiteraard ook sterk richten op theorievorming. In het bijzonder op de analyse van stochastische netwerken, meer specifiek op de netwerk*structuren* en op het tijdsafhankelijke gedrag. [4]

Vragen in mijn vakgebied worden veelal geïnitieerd door vragen uit de praktijk. Het antwoord op deze vragen kan heel concreet zijn. Voor mij vormen het model, en de vragen die rijzen bij bestudering van dit model vaak een zeker zo grote uitdaging.

Voordat ik u in meer detail ga informeren over mijn bijdrage wil ik u eerst een indruk geven van de relevantie van mijn vakgebied.

Het vakgebied

Ik zal u eerst een schets geven van de invloed van onzekerheid op het gedrag van een systeem. Dit zal ik niet doen aan de hand van een consciëntieus opgebouwde theorie, maar aan de hand van twee klassieke voorbeelden van wachtrijmodellen: de single server queue, en het Erlang verlies model, en een voorbeeld van het optimaal nemen van een rij afhankelijke beslissingen.

De wachtrij bij een kassa

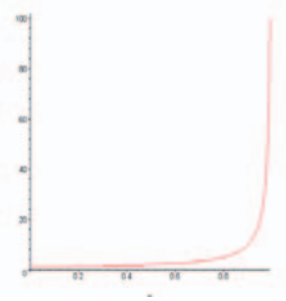
Laten we beginnen met de invloed van onzekerheid op de wachtrij bij de kassa in een supermarkt. Neem eerst aan dat klanten keurig verdeeld binnenkomen, zeg om de 10 minuten, en dat iedere klant precies evenveel werk voor de caissière mee brengt, zeg 9 minuten werk. De caissière werkt 90% van de tijd en iedere klant wordt direct geholpen, geen enkele klant hoeft te wachten op zijn beurt. In werkelijkheid is het aankomstproces van klanten echter niet zo keurig. Klanten beslissen veelal onafhankelijk van elkaar op welk moment ze gaan winkelen, en dus bij de kassa aankomen. Het wiskundige proces dat het aankomstproces van klanten goed beschrijft is het Poisson proces, waarin klanten gemiddeld met dezelfde tussentijd aankomen, maar soms dichter op elkaar, en soms verder uit elkaar. Wanneer een klant 8 minuten na zijn voorganger arriveert, dan moet hij wachten, en wanneer toevallig een aantal klanten wat dichter op elkaar arriveert, dan kan de wachttijd behoorlijk oplopen. Gemiddeld zal in dit systeem de wachttijd 9 maal de bedieningsduur bedragen, dus in ons voorbeeld 81 minuten. Dan is uw ijstaart natuurlijk al lang gesmolten.

De situatie wordt nog erger, wanneer niet alle klanten dezelfde hoeveelheid werk met zich mee brengen (maar in ons voorbeeld nog wel gemiddeld 9 minuten).

De Pollaczek-Khintchine formule geeft in dit geval het verband tussen de gemiddelde wachttijd, W, de belasting ρ ofwel de gemiddeld aangeboden hoeveelheid werk per tijdseenheid (in ons voorbeeld $\rho = 0.9$) en c, de variatiecoëfficiënt van de bedieningsduur, een maat voor de variabiliteit in de bedieningsduur:

waarin τ de gemiddelde bedieningsduur is, en W/τ dus de verhouding tussen wachttijd en de gemiddelde bedieningsduur. [5] De grafiek geeft dit verband voor het geval met vaste bedieningsduur, waarvoor c=0. Voor het geval dat

$$\frac{W}{\tau} = \frac{\rho}{1-\rho}\frac{1+c^2}{2},$$



50% van de klanten een bedieningsduur heeft van 1 minuut en 50% een bedieningsduur heeft van 17 minuten, vinden we c=8/9 en is de wachttijd met 79% toegenomen. We zien dat de wachttijd sterk oploopt wanneer τ nadert naar 1, hetgeen duidelijk maakt dat we het systeem niet te zwaar moeten belasten, dat wil zeggen dat de bedieningscapaciteit ruim boven de aangeboden hoeveelheid werk moet liggen, en dus dat een caissière gemiddeld een redelijk deel van de tijd niets te doen moet hebben. Verder zien we dat de wachttijd sterk oploopt met de variatiecoëfficiënt c, en minimaal is voor vaste bedieningsduren.

De stochastiek heeft grote invloed op het gedrag van het systeem.

Een GSM

Mobiel bellen doen we allemaal. In Nederland is het overgrote deel van deze telefoons een GSM telefoon. Een belangrijke factor voor de kwaliteit van een GSM netwerk vormt de capaciteit van de basisstations, de antennes die verdeeld staan over ons land. Zo'n antenne bevat veelal 3 frequenties, waarmee gelijktijdig 22 gesprekken kunnen worden afgehandeld. Wanneer 22 gesprekken gaande zijn, dan zal de volgende beller geen verbinding krijgen. We noemen dat blokkering. Ik ga u hier niet uitgebreid informeren over de werking van GSM, wel over de keuze voor het aantal frequenties. U als klant zult zeggen: '22 is te weinig, ik wil niet geblokkeerd worden'. De aanbieder van GSM kan echter niet tegen redelijke kosten voldoen aan de totale vraag, immers dat vereist op iedere locatie op ieder moment net zoveel capaciteit als het aantal aanwezige abonnees en dat is onbetaalbaar. Daarom wordt gekozen voor een compromis. De aanbieder richt het netwerk zo in, dat de fractie geblokkeerde gesprekken in de orde van 1% is. Hoe bepalen we nu deze kans, of hoeveel frequenties zijn nodig op een basisstation?

Net als voor de wachtrij nemen we aan dat klanten onafhankelijk van elkaar besluiten te gaan bellen. Het aankomstproces van gesprekken blijkt in de

praktijk goed gemodelleerd te kunnen worden als Poisson proces. De belasting ρ van het basisstation is de gemiddeld aangeboden hoeveelheid belminuten (het gemiddeld aantal gesprekken gegenereerd per tijdseenheid maal de gemiddelde lengte in minuten van deze gesprekken) per 60 minuten. Deze belasting drukken we uit in Erlang, naar Agner Krarup Erlang (hiernaast afgebeeld), een Deens telecommunicatie ingenieur, de grondlegger van de wachtrijtheorie. Een belasting van 2 Erlang betekent dat er in de omgeving van het basisstation 120 belminuten worden gegenereerd per uur. De blokkeringskans wordt gegeven door de Erlang verlies formule:

$$E = \frac{\dfrac{\rho^N}{N!}}{1 + \rho + \dfrac{\rho^2}{2!} + \ldots + \dfrac{\rho^N}{N!}}.$$

Deze formule geeft een eenvoudig verband tussen de blokkeringskans E, de belasting ρ en de capaciteit N. Wanneer we twee van de drie parameters kennen, kunnen we de derde uitrekenen. Zo kunnen we het basisstation dimensioneren (N bepalen) wanneer we een blokkeringskans hebben afgesproken, en we de belasting kennen. Bij een belasting van 2 Erlang bellen gemiddeld 2 mensen tegelijkertijd, en zou u kunnen overwegen om capaciteit 2 te installeren. Dit levert een blokkeringskans van 40%. Voor een blokkeringkans van 1 procent is capaciteit voor 7 gelijktijdige bellers nodig, corresponderend met 1 frequentie.

De stochastiek heeft grote invloed op het gedrag van het systeem.

Geluidbelasting van Schiphol

Een derde voorbeeld dat ik met u wil bespreken is van een heel ander type. Hierin worden telkens opnieuw beslissingen genomen. Dit voorbeeld betreft een model voor de verdeling van de geluidbelasting rond Schiphol.

Schiphol is voor Nederland een belangrijke motor voor de economie. Schiphol wil graag groeien. Dit gaat echter ten koste van de omwonenden, die te kampen krijgen met geluidoverlast. Om deze overlast te reguleren is door de overheid een geluidcontour vastgesteld. Deze contour bestaat onder andere uit 35 meetpunten voor de geluidbelasting gedurende de dag (zie figuur). Op jaarbasis mag op zo'n punt een vooraf vastgestelde totale geluidbelasting niet worden overschreden. Overschrijding resulteert in een boete of zelfs in sluiten van landingsbanen. Dit was deze week nog in het nieuws. Schiphol zal haar banencapaciteit strategisch willen inzetten om binnen de geluidnorm te blijven. Probleem hierbij is dat een jaar voor de geluidbelasting loopt van 1 november tot en met 31 oktober, en dat het weer in Nederland zeer grillig kan zijn. Toch moet iedere maand een keuze voor beschikbare landingsbaancombinaties gemaakt worden rekening houdend met die onzekerheid in het weer gedurende de rest van het jaar. Hiertoe wordt iedere maand een preferentielijst opgesteld van beschikbare landingsbaancombinaties. Dit is een geordende lijst. Hoe hoger een landingsbaancombinatie staat op deze lijst, hoe kleiner de kans is dat met deze combinatie de geluidnorm aan het einde van het jaar zal worden overschreden. Bij de keuze van de daadwerkelijk te gebruiken landingsbaancombinatie speelt veiligheid natuurlijk een zeer belangrijke rol: de te gebruiken combinatie is de eerste veilige combinatie in de preferentielijst.

Een belangrijk probleem is nu het iedere maand opstellen van de preferentielijst die de kans op overschrijding minimaliseert. Voor de laatste maand is dit een relatief eenvoudig probleem. We kennen de gerealiseerde geluidbelasting op alle meetpunten. U kunt zich voorstellen dat het niet eenvoudig is om de beste preferentielijst op te stellen voor de eerste maand van het jaar, immers dan weten we nog helemaal niets van de mogelijke ontwikkeling in het weer en de beslissingen in latere maanden. De wiskundige oplossing voor dit probleem vinden we met behulp van Stochastisch Dynamisch Programmeren. Deze techniek is bruikbaar voor zeer complexe problemen, zolang een ordening mogelijk is in subproblemen. Ik zal u niet vermoeien

met de bijbehorende formules voor dit beslissingsprobleem onder onzekerheid.

De essentie van het vakgebied

Deze voorbeelden geven een beeld van de essentie van het vakgebied. Het gemeenschappelijke is dat er telkens gezocht wordt naar een balans tussen belasting (aantal klanten, aantal belminuten, aantal vliegtuigen), inzetbare capaciteit (snelheid caissière, aantal frequenties, preferentielijst), en kwaliteit (wachttijd, blokkeringskans, geluidbelasting). De volgende vragen zijn aan de orde geweest:

- Wanneer het aantal abonnees van een GSM netwerk groeit, waar moeten we dan zendmasten bijplaatsen om de beloofde kwaliteit te behouden?
- Wanneer het aantal klanten en de snelheid van een bediende bekend zijn, wat is dan de gemiddelde wachttijd?
- Wanneer de preferentielijsten optimaal kunnen worden bepaald, en de geluidnorm is vastgelegd, hoeveel vliegtuigbewegingen mogen we dan toelaten?

Vergelijkbare vragen spelen ook elders. Een Internet provider belooft zijn klanten een bepaalde downloadsnelheid, en houdt er hierbij rekening mee dat niet alle klanten gelijktijdig dit maximum zullen vragen. Hoe groot moet de capaciteit van de Internet provider zijn? Een Intensive Care Eenheid in een ziekenhuis neemt patiënten op, maar het aantal bedden kan niet onbeperkt groot zijn. Hoeveel bedden zijn nodig om de kans dat een patiënt moet worden afgewezen acceptabel te laten zijn? Op een NS station arriveren treinen. Wanneer een perron bezet is moet een trein wachten. Hoeveel perrons zijn nodig om de passagiers hun aansluiting te laten halen? Wanneer zet je een snelkassa in? Een aanbieder van WiMAX wil in heel Amsterdam draadloos Internet aanbieden. Hoeveel zenders zijn hiervoor nodig? Hoe moeten we stoplichten efficiënt afstellen? Waarom is er vertraging op het Internet, en hoe kunnen we daarvoor een model opstellen?

Waarom komt de pagina die je zoekt met behulp van Google eigenlijk bijna altijd bovenaan de lijst? Waarom bestaan er wachtlijsten in de gezondheidszorg? En hoe kunnen we die verkleinen? Allemaal vragen waarop mijn vakgebied een deel van het antwoord kan verstrekken. Deze vragen lijken heel erg verschillend, maar vanuit de wiskunde gezien zijn ze eigenlijk sterk verwant. Zo lijkt het Intensive Care probleem sprekend op de GSM cel met de vertaling patient = gesprek, aantal bedden = capaciteit, en ook de maat voor kwaliteit is in beide gevallen de blokkeringskans.

Voor de beantwoording van zulke vragen maken we een wiskundig model. Aangezien we veelal niet weten hoeveel mensen op een dag bij een Intensive Care Eenheid komen, op welk moment ze dat doen, en hoe lang ze moeten blijven liggen, willen we daar bij de bepaling van de capaciteit rekening mee houden. We maken een model, waarin we rekening houden met het stochastische karakter van het systeem, een stochastisch model. Het voordeel van deze aanpak is dat we met dit model ook bij verandering van bijvoorbeeld het aantal te opereren patiënten die na afloop Intensive Care nodig heeft snel het systeem kunnen doorrekenen, en kunnen aangeven of die operaties wel gedaan kunnen worden, of hoe groot de blokkeringskans van trauma patiënten zal worden.

Wiskunde in de maatschappij

Wanneer mensen mij vragen naar mijn werk, en ik vertel dat ik wiskundige ben krijg ik vaak de reactie: 'O, daar kon ik vroeger helemaal niets van, dat heb ik zo snel mogelijk laten vallen'. Een aantal van u is vast bekend met deze reactie. Mag ik u vragen wie van u deze situatie kent? En wie kent deze situatie niet? En de rest van u zit nu te slapen? [6] Niet bezitten van enige aanleg voor exacte vakken lijkt in Nederland een belangrijke kwaliteit, waarmee men graag koketteert op feestjes en partijen. Voorwaar niet erg hoopgevend voor de toekomst van Nederland Kennisland. Deze situatie heeft naar mijn mening meerdere oorzaken.

In de eerste plaats is onbekendheid met de schoonheid van de wiskunde naar mijn mening voor een belangrijk deel de oorzaak van deze situatie. De perceptie lijkt te zijn dat je voor wiskunde veel formules moet leren,

dat wiskunde moeilijk is. Dit is zeker waar, maar wiskunde is ook gewoon een taal. Voor een taal moet je woorden kennen, die woorden noemen wij formules. Wanneer je meer of mooiere woorden kent, kan je mooiere gedichten schrijven. Dit wijkt niet sterk af van een taal als Frans, Duits of Latijn. Wij moeten er alles aan doen om de wiskunde de plaats te geven die het in het verleden wel had, de plaats die het verdient. Wiskunde is een mooie taal, die de mogelijkheid geeft, net als iedere andere taal, vragen te stellen en antwoorden te formuleren.

In de tweede plaats is onbekendheid met de toepassingen van de wiskunde schadelijk voor het imago van het vakgebied. Docenten in het middelbaar onderwijs zijn soms zelf ook te weinig op de hoogte van deze mogelijkheden. 'Wiskunde, wat kan je daar dan mee?'. Wij hebben hier een duidelijke taak de toepassingen voor het voetlicht te brengen, niet alleen richting de middelbare scholier, maar veel meer ook richting de docent en de samenleving. Ik heb u al een opsomming gegeven van toepassingen. Gezien de maatschappelijke relevantie van een groot deel van onze resultaten staat Besliskunde hier zeker goed gepositioneerd. Ik pleit voor de invoering van een internationaal logo 'OR inside' op alle producten die mogelijk zijn gemaakt door een toepassing van Operations Research in brede zin.

OR inside

In de derde plaats speelt onbekendheid met het beroepsperspectief van de exact opgeleide student, niet speciaal de wiskundige, ons parten. Momenteel wordt er veel ondernomen om exacte vakken en hun toepassingen te populariseren. Als voorbeeld noem ik Jet-Net. Van de website: 'In Jet-Net werken 28 Nederlandse bedrijven samen met zo'n 130 havo/vwo-scholen met het doel de scholieren beter zicht te bieden op de praktijk en op de beroepsmogelijkheden in industrie en technologie. Jet-Net beoogt hiermee meer scholieren te interesseren voor een hogere bèta technische vervolgopleiding.' [7]

Dit initiatief is zeer waardevol. Echter, ik ben van mening dat deze initiatieven nauwelijks effect zullen hebben op de keuze voor een vervolgopleiding van de middelbare scholier. Zolang in diezelfde grote bedrijven de leidinggevende functies steevast worden ingenomen door mensen met een niet exacte achtergrond, die leiding mogen geven aan de exact opgeleide medewerkers, zullen weldenkende leerlingen op het VWO in grote meerderheid niet kiezen voor een exacte opleiding. Om dit initiatief kans van slagen te geven

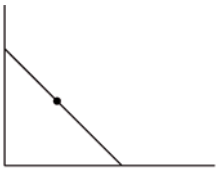
zullen bèta's duidelijk sterker en zichtbaarder vertegenwoordigd moeten zijn in leidinggevende functies, zullen bèta's in de samenleving een rol moeten krijgen waarmee studenten zich kunnen identificeren. Die bèta's zijn ook nu aanwezig, maar veelal niet zichtbaar.

Het werkelijk positieve toekomst beeld ontstaat dus wanneer het beroepsperspectief van de bèta, ook als leidinggevende in onze maatschappij duidelijk wordt belicht. Dit laat onverlet dat de bèta vakken natuurlijk wel gewoon interessant en uitdagend moeten zijn op het VWO. Het Jet-Net initiatief en bijvoorbeeld ook het Universum Programma van het platform Bèta-Techniek [8] dragen hieraan zeker bij en bereiken zowel de docent als de leerling. Ik wil hier toevoegen dat Toegepaste Wiskunde al sinds jaar en dag een goede relatie onderhoudt met scholen in de regio. Ik zal hieraan graag een bijdrage leveren.

De studie

Dit brengt mij bij ons onderwijsprogramma. De aansluiting tussen VWO en bèta opleiding wordt door veel van mijn collega's als onvoldoende ervaren, maar dat is van alle tijden. De misvatting is, dat de afkorting VWO niet staat voor Voorbereiding op Wiskunde Onderwijs, maar voor Voorbereidend Wetenschappelijk Onderwijs, een algemene vorming niet speciaal voorbereidend op een bepaalde studie.

Juist wij als wiskundigen mogen ons gelukkig prijzen. Wij kunnen gewoon beginnen met de opbouw van ons vakgebied startend vanaf 1 of vanaf 0, dat is een kwestie van smaak. Gebruikmakend van de Axioma's van Peano (zie kader) verkrijgen we de natuurlijke getallen $\mathbb{N}$. Vervolgens is het een kleine stap naar de gehele getallen, $\mathbb{Z}$, en weer een kleine stap naar de rationale getallen $\mathbb{Q}$, de breuken. De stap naar de reële getallen $\mathbb{R}$ is iets lastiger, maar met geduldige uitleg van de snede van Dedekind (zie kader) goed te doen. Zie zo, een rustige opbouw van de wiskunde zonder vereiste voorkennis van het VWO. Het enig vereiste op het VWO is plezier in exacte vakken. Zodanig plezier dat een exacte keuze weer gewoon wordt. Ik herinner mij uit mijn middelbare schooltijd nog altijd de berekeningen van de baan die een punt op een lijnstuk aflegt wanneer dat lijnstuk langs de muur omlaag schuift.



In gedachten zag ik de schilder met zijn pot verf naar beneden storten, maar het plezier in de berekening stond voorop.

Axioma's van Peano

I. $0 \in \mathbb{N}$, d.w.z. 0 is een natuurlijk getal,

II. Elk natuurlijk getal n heeft een opvolger n',

III. 0 is geen opvolger van een natuurlijk getal,

IV. $m'=n' \Rightarrow m=n$, natuurlijke getallen met dezelfde opvolgers zijn gelijk (de 'opvolgfunctie' is injectief)

V. (Axioma van volledige inductie) Bevat een deelverzameling $M \subset \mathbb{N}$ het getal 0 en met ieder element ook zijn opvolger, dan is $M = \mathbb{N}$. *(Uit dit axioma volgt de bewijsmethode door volledige inductie.)*

Met deze axioma's definieert men de getallen 1,2,3,... als volgt: 1:=0', 2:=1', 3:=2', enz.

Snede van Dedekind

$\mathbb{N}=\{0,1,2,\ldots\}$

$\mathbb{Z}=\{\ldots,-2,-1,0,1,2,\ldots\}$

$\mathbb{Q}=\{n/m:\ n,m \in \mathbb{Z}\}$

Een Dedekindsnede α is een deelverzameling van $\mathbb{Q}$, die aan de volgende eisen voldoet:

- $\alpha \neq \emptyset$, and $\alpha \neq \mathbb{Q}$
- Als $p \in \alpha$, $q \in \alpha$ en $q<p$ dan $q \in \alpha$
- Als $p \in \alpha$ is er een $r \in \alpha$ zodat $p<r$

De verzameling van alle sneden blijkt equivalent met $\mathbb{R}$.

Het aantal leerlingen dat kiest voor een exacte studie is niet zo groot. Eenmaal aangeland op de universiteit doen wij er veel aan om de student te behouden. In feite proberen we de overgang tussen VWO en universiteit zo klein mogelijk te maken. Dit betekent echter dat de student nog nauwelijks verschil ziet tussen ons onderwijs en het VWO onderwijs. De student studeert nog in VWO-houding, en consumeert kennis. Een zelfstandige kritische houding wordt hiermee niet aangeleerd. In het tweede jaar is geen overgang naar een nieuwe opleiding, en dus ook geen logisch moment voor een aanpassing van de studie houding. Bovendien zijn veel studenten al met het tweede jaar gestart voordat ze de Propedeuse hebben afgerond. Zo propageert de consumerende niet academisch houding door het gehele Bachelor programma.

Op zich is dit geen probleem. Net als in het Amerikaanse systeem kunnen we in het Master programma het roer volledig omgooien. Echter, er bestaat momenteel nauwelijks onderscheid in aanpak tussen Bachelor en Master programma's, mede omdat veel doorstromers verweven studeren. Verweven studeren zien opleidingen als een voordeel. Het vergroot het aantal doorstromers. Ik zie het echter veel meer als een groot nadeel. Weer laten we de mogelijkheid tot aanpassing van de studie-houding op het moment van start van een nieuwe opleiding aan ons (en aan de student!) voorbijgaan.
Ik pleit ervoor studenten pas aan het Master programma te laten beginnen na afronding van het Bachelor programma. Dat is ook wel zo eerlijk, dan worden doorstromers en zijwaartse instromers op dezelfde wijze behandeld.

Studenten hebben het druk. Naast de studie is daar het baantje, broodnodig vanwege de lage studiefinanciering, het CV bouwen, nodig omdat dit door bedrijven wordt gevraagd wanneer die leuke baan wordt geambieerd, en natuurlijk, en zeer terecht de sociale activiteiten. Er blijft minder dan 40 uur in de week over voor de studie. Toch wordt er van de student verlangd, door de student zelf, maar ook door de opleiding, dat de student nominaal loopt. En dus in 5 jaar afstudeert. Een deel van de studenten kiest voor minder inzet om een vak te halen. Een student die ruwweg 2/3 e van de normuren aan een vak besteedt, vergaart ook slechts ruwweg 2/3 e van de kennis en vaardigheden, en zou dus eigenlijk ook maximaal 2/3 e van de score mogen behalen. De praktijk leert dat docenten de hoeveelheid te behandelen stof verkleinen. Resultaat van deze handeling is dat de opgedane kennis en vaardigheden voor een vak lager zijn dan verwacht mag worden. Dit propageert door de opleiding. Het eindniveau is voor alle studenten (ook de studenten met 100% inzet) evenredig lager. Het 4 jarige cursorische deel van onze BaMa opleiding kent geen studielast van 4 jaar, maar van slechts 2 a 3 jaar.

Genieten van hoogwaardig onderwijs is een recht van de student. De student mag en moet dit van de opleiding eisen. Wat mij hogelijk verbaast is dat studenten dit nauwelijks doen. De student lijkt meer geïnteresseerd in het antwoord dan in de vraag.

De houding in het cursorisch deel staat in schril contrast met de houding tijdens het afstuderen. Hier kiest de student in het algemeen een eigen onderwerp hetzij theoretisch binnen de universiteit, hetzij meer toegepast in bijvoorbeeld een bedrijf of onderzoekinstelling. Hier blijkt de student zich veelal te ontpoppen tot een gedreven onderzoeker. De uitdaging van de eigen

onderzoekvraag lijkt wonderen te verrichten. Hoe kunnen we hiervan leren voor ons onderwijsprogramma?

Ik pleit ervoor studenten aan het begin van hun opleiding veel meer in het diepe te gooien. Voor een volledig theoretische opzet van onze wiskunde vakken, uiteraard doorspekt met voorbeelden, maar niet gebaseerd op die voorbeelden. Dit betekent niet dat we elitair onderwijs moeten bieden, niet dat we direct op een heel hoog niveau moeten starten. We kunnen gewoon beginnen bij 0, dat heb ik al aangegeven. Wel betekent dit dat we direct moeten starten met abstracte onderwerpen, met vakken waarvoor de benodigde inspanning in overeenstemming is met de norm. De motivatie om deze inspanning te leveren is aanwezig in iedere student.

Natuurlijk pleit ik niet voor het loslaten van de toepassing in ons onderwijs. Aan een Technische Universiteit mag de praktijk niet ontbreken. Deze dient naar mijn mening te worden aangeboden middels keuze vakken uit andere opleidingen waar de specialisten op die toepassingsgebieden zitten. Verder is onze modelleerlijn hiervoor bij uitstek geschikt. In deze modelleerlijn leren onze studenten stapsgewijs problemen te modelleren en analyseren. Ik pleit ervoor binnen de modelleerlijn te kiezen voor echte toepassingen in samenwerking met bedrijven en organisaties uit de regio. Een eerste inventarisatie leert dat bedrijven en organisaties hierin zeker geïnteresseerd zijn, en tijd willen investeren om opdrachten op het juiste niveau te formuleren en te begeleiden.

Dit biedt grote voordelen. Studenten komen in aanraking met de echte praktijk. Gezien de ervaring met afstudeerprojecten werkt dit zeer motiverend. Bedrijven komen al in een vroeg stadium in aanraking met studenten, waardoor ze studenten kunnen enthousiasmeren voor hun problemen. Docenten kunnen op deze wijze contacten opbouwen. Verder is het goed voor de UT, immers deze raakt meer en meer ingebed in de regio. Dit plan lijkt eigenlijk gewoon op Jet-Net, maar dan voor de universiteit. Ik ben er van overtuigd dat we op deze wijze enthousiaste hard werkende studenten krijgen die geïnteresseerd zijn in zowel het antwoord als de vraag.

Ik wil mij inzetten voor dit idee.

In ons onderwijsaanbod ben ik verder zeer gelukkig met het IE@UT programma, het Industrial Engineering @ UT programma, waarin studenten met uiteenlopende Bachelor programma's binnen de Industrial Engineering richtingen Werktuigbouwkunde, Toegepaste Wiskunde, Technische Bedrijfskunde, Civiele Techniek en Management, alsmede Industrieel Ontwerpen zonder grote drempel kunnen kiezen uit Master vakken binnen deze richtingen. Dit geeft studenten de mogelijkheid uit een breed aanbod van vakken te kiezen om het studieprogramma op te stellen dat het best aansluit bij hun nieuwsgierigheid. Dit wordt nog versterkt door de samenwerking van deze groepen binnen de Strategic Research Orientation IE&ICT, Industrial Engineering & ICT, waarvan ik de coordinator ben. U ziet, een Master programma gekoppeld aan een onderzoekprogramma, conform de doelstelling van een universiteit. Ik ben er van overtuigd dat IE@UT een goed idee is, dat in de nabije toekomst zeker studenten naar de UT zal gaan trekken.

Het onderzoekbeleid

Het onderzoek in Nederland wordt meer en meer programmatisch gestuurd. Beleidsmakers op ministeries bepalen al dan niet via organisaties als SenterNovem de onderwerpen die de komende jaren in de belangstelling staan, en waarvoor financiering mogelijk is. Dit heeft duidelijke nadelen, maar biedt ook kansen. Laten we eerst een aantal nadelen onder de loep nemen.

Ten eerste lijkt onderzoek te verworden tot het navliegen van de waan van de dag. De zotte wetenschapper die de rust krijgt om baanbrekend werk te doen wordt meer en meer naar de achtergrond gedrukt ten gunste van de onderzoeker die keurig volgens plan zijn resultaten oplevert. Voorspelbaar onderzoek dat op lange termijn niet echt tot verhoging van het kennisniveau leidt. Het gaat hier om het antwoord, al lang niet meer om de vraag.

Ten tweede moeten die programma's gemanaged worden. Deze management laag in het onderzoek wordt steeds omvangrijker en wordt mede bekostigd uit de onderzoekfinanciering. Er blijft dus gewoon minder geld over voor het daadwerkelijk uitvoeren van onderzoek.

Ten derde moeten al die voorstellen geschreven worden. Het doel van onderzoekfinanciering via subsidies is om excellente onderzoekers te financieren, en dit doel wordt ook zeker bereikt. De vraag is echter wat de meerwaarde is van deze financiering wanneer we ons bedenken dat de totale tijd en dus kosten geïnvesteerd in het schrijven van alle aanvragen in de buurt komt van de opbrengst. Programma's die 20 keer of meer overtekend zijn, en die tevens een aanzienlijke matchingscomponent bevatten trekken een zware wissel op het onderzoekvolume.

Ik pleit ervoor de totale beschikbare som geld gewoon te verdelen over alle onderzoekers. De excellente onderzoekers behouden daarmee gewoon hun financiering zonder tijd te verliezen aan subsidieaanvragen. Uiteraard is nadenken over de toekomst van onderzoek van groot belang, maar dit formuleren in mooie volzinnen is mijns inziens niet productief.

Biedt het onderzoekbeleid dan geen kansen? Zeker, zelfs enorme kansen, juist voor de UT en voor Besliskunde.

Door de in eerste instantie gedwongen clustering van onderzoek zijn verbanden gelegd en versterkt tussen onderzoekgroepen binnen de UT, binnen Nederland en daarbuiten. De leerstoel Stochastic Operations Research participeert in veel van deze initiatieven.

Van oudsher is de Besliskunde in Nederland goed georganiseerd. Het LNMB, het Landelijk Netwerk Mathematische Besliskunde coördineert al 20 jaar het Besliskunde onderwijs aan promovendi in Nederland, en maakt het mogelijk dat wij deze opleiding in Nederland op hoog niveau aanbieden. Ik ben verheugd dat het LNMB dit jaar de UT heeft gekozen als penvoerende universiteit.

Het 3TU initiatief werd in eerste instantie door velen met argusogen bekeken. Ik ben van mening dat 3TU ons grote mogelijkheden biedt. Op het gebied van logistiek participeert SOR zowel via de TU/e UT onderzoekschool Bèta voor Operations Management en Logistiek, als via de SRO Industrial Engineering & ICT in het SCIMM, het 3TU Center for Supply Chains, Infrastructure, Mobility and Mainports. Dit biedt interessante uitdagingen voor samenwerking in onderzoekprojecten. Projecten die zonder dit Center wellicht niet van de grond zouden komen. Juist de interactie tussen vakgebieden biedt interessante vragen voor onderzoek.

We moeten wel oppassen voor het Calimero gedrag dat ik weleens observeer op de UT. We moeten ons niet opstellen als een kleine partner tussen de grote spelers, maar juist als de sterke partner die wij kunnen zijn door onze goede organisatie binnen de UT.

Ook binnen de communicatienetwerken bestaan landelijke initiatieven. Ik ben mede initiatiefnemer voor de oprichting van E-Quality, het Expertise Centre on Performance and Quality of Service in ICT. Hierin participeren CWI, TNO ICT, TUD, TU/e en de UT. Met dit samenwerkingsverband wordt ingespeeld op de groeiende behoefte vanuit de ICT wereld de kwaliteit van diensten/applicaties in steeds complexer wordende ICT omgevingen te kunnen beheersen en verbeteren. Op dit gebied participeert SOR binnen de UT ook actief in het CTIT en in het NIRICT.

Mijn onderzoekagenda

Tot nu toe speelde de toepassing een belangrijke rol in mijn betoog. Het zal u dan ook niet verbazen, dat de toepassing een belangrijke rol speelt in mijn onderzoekplannen voor de komende jaren. Ik wil hierbij niet al te ver vooruit kijken. Ik heb u al aangegeven dat formuleren van onderzoekvoorstellen in mooie volzinnen mijns inziens niet productief is. Bovendien weet ik op dit moment eenvoudig echt niet door welk probleem ik over enkele jaren gegrepen zal zijn. Wat ik wel kan doen is u schetsen welke problemen mij op dit moment sterk motiveren.

De ontwikkeling van wiskundige methoden voor logistiek, telecommunicatie en gezondheidszorg zie ik als belangrijke richtingen in mijn onderzoek de komende jaren. Ik wil mij hierbij daadwerkelijk richten op de toepassing, dwz op echte problemen van echte instellingen. Hierbij is interactie met deze instellingen van groot belang: wij als wiskundigen moeten ons richten op de echte problemen en daar een oplossing voor vinden binnen het theoretisch kader van ons vakgebied. Niet omgekeerd: een praktijkprobleem zo buigen dat de theorie waaraan wij de voorkeur geven toepasbaar is, of erger nog, in de praktijk onze oplossingen aandragen voor zelfbedachte problemen waar in de praktijk helemaal niemand op zit te wachten. Voor daadwerke-

lijke toepassingen is veel domeinkennis nodig. Dit kunnen we als wiskundigen niet zonder goede samenwerking met probleemeigenaren. Ik wil mij hier actief voor inzetten.

De problemen binnen deze toepassingsgebieden vallen veelal niet binnen bestaande methoden, maar bieden juist ook uitdagingen voor fundamenteel onderzoek. Wiskunde en toepasbare wiskunde gaan hierbij hand in hand. Ik wil mij ook uitdrukkelijk richten op fundamenteel onderzoek.

Logistiek

Logistiek en ICT gaan meer en meer hand in hand in de analyse, het ontwerp, de optimalisatie en het management van processen in bedrijfsleven en maatschappij. In het verleden opereerden afdelingen van bedrijven bij gebrek aan onderlinge on-line informatie als onafhankelijke entiteiten, en werden los van elkaar geoptimaliseerd. Door de snel groeiende ICT omgeving en uitwisseling van informatie, raken afdelingen meer en meer gekoppeld, resulterend in de roep tot gezamenlijke optimalisatie van logistieke ketens bestaande uit veelal zeer verschillende elementen. Denk bijvoorbeeld aan een keten van bedrijven, die hun productiesysteem, voorraadsysteem, en onderling transportsysteem willen optimaliseren. Het is tegenwoordig mogelijk met behulp van tags (kleine sensoren) de beweging van afzonderlijke items te volgen. In het ontwerp van zo'n keten moet dan niet alleen aandacht zijn voor het ontwerp van het logistieke deel, het productie en transport gedeelte, maar ook voor het ontwerp van de ICT omgeving. Betere informatie uitwisseling geeft betere systeem prestatie, en een beter systeem ontwerp verlaagt de ICT kosten.

Typische wiskundige modellen die traditioneel een rol spelen in de optimalisatie van logistieke ketens zijn netwerken van wachtrijen, en voorraadmodellen. Deze houden echter alleen rekening met de stroom van items, niet met de stroom informatie. Bovendien bieden deze modellen traditioneel niet de mogelijkheid om bijvoorbeeld informatie verkregen uit tags over ophoping in het systeem te gebruiken voor alternatieve routering. Naast benaderingen voor netwerken van wachtrijen zullen resultaten ontwikkeld in andere toepassingsgebieden meer en meer een rol gaan spelen in de analyse van logistieke ketens. Ik zie hier bijvoorbeeld mogelijkheden voor modellen voor flow control en alternatieve routering zoals ontwikkeld voor het Internet.

Het ziekenhuis van de toekomst

Toen ik bijna vier jaar geleden geregeld in het ziekenhuis kwam heb ik mij verbaasd over het gebrek aan afstemming tussen afdelingen. Patiënten werden verplaatst tussen afdelingen, moesten telkens wachten tot ze aan de beurt waren, of werden pas de volgende dag geholpen. In een omgeving waarin iedereen zijn uiterste best doet voor de patiënt moet dit toch beter kunnen, heb ik toen gedacht.

De toename van de gezondheidszorgkosten, de vergrijzing van de bevolking en de lange wachtlijsten hebben mede geleid tot een roep om verhoging van de kwaliteit en doelmatigheid van zorginstellingen. Ondersteund door ICT innovaties zoals het elektronisch patiëntendossier en een gewijzigd financieringssysteem, overwegen veel ziekenhuizen een herstructurering van de zorgprocessen. Denk bijvoorbeeld aan de invoering van dagbehandelcentra. Traditioneel zijn in de zorg de dure resources (artsen, apparatuur) als uitgangspunt voor optimalisatie genomen. Momenteel verschuift de aandacht naar de belangen van de patiënt (korte tijd tussen start en afronding behandeling). Afweging van deze schijnbaar tegenstrijdige belangen is een belangrijk doel voor de optimale inrichting van de logistieke processen in het ziekenhuis van de toekomst, een project waarin ik nauw samenwerk met verschillende UT collega's. We beschouwen drie hiërarchische niveaus.
Op het strategische of lange termijn niveau worden beslissingen genomen over patiënt mix en volume, de dimensionering en organisatie van de belangrijkste resources. Typische modellen zijn netwerken van wachtrijen.
Op het tactische of middellange termijn niveau speelt de planning van zorgtrajecten van groepen patiënten en de toewijzing op weekbasis van resources (zoals de koppeling van disciplines aan operatiekamers). Op het operationele of dag niveau speelt de toewijzing van resources aan specifieke patiënten. Typisch is hier de ontwikkeling van robuuste schedulingstechnieken die kunnen omgaan met de in het zorgproces inherente onzekerheid. De interactie tussen de niveaus vormt hier een grote uitdaging. In het bijzonder de interactie tussen scheduling van patiënten en resources en netwerken van wachtrijen.

Ad-hoc netwerken

In een ad-hoc netwerk communiceren deelnemers (componenten, telefoons, laptops, auto's) met elkaar zonder gebruik te maken van een infrastructuur door andere deelnemers te gebruiken als relay. Zo'n netwerk is bijvoorbeeld van belang in geval van een calamiteit, wanneer communicatie tussen hulp-

verleners essentieel is, maar de infrastructuur niet beschikbaar is. Door de aard van mobiele communicatieapparatuur is het zendvermogen beperkt in afstand, maar ook in tijd, bijvoorbeeld als gevolg van de capaciteit van de batterij. Mobiliteit van de deelnemers in het ad-hoc netwerk resulteert in het niet altijd beschikbaar zijn van alle paden tussen deelnemers. Verder speelt interferentie tussen deelnemers een belangrijke rol: wanneer een deelnemer zendt, dan kunnen andere deelnemers in de buurt niet gelijktijdig zenden. Voor een relay node betekent dit dus dat de node moet wachten met doorgeven van de informatie tot de bron van informatie stopt met zenden. Hierdoor kan aanzienlijke vertraging ontstaan. Verdere vertraging kan ontstaan wanneer het doel tijdelijk buiten bereik is.

Typische onderzoekvragen voor ad-hoc netwerken betreffen de optimalisatie van het zendvermogen om het netwerk zo lang mogelijk in stand te houden (zo lang mogelijk in staat te zijn alle deelnemers te bereiken), de bepaling van de hoeveelheid data die tussen twee deelnemers verstuurd kan worden, en de vertraging in de data die langs een pad van verschillende deelnemers wordt verstuurd. De beantwoording van deze vragen vereist inzicht in de grafentheoretische structuur van het netwerk en in de als gevolg van interferentie tussen en beweging van de deelnemers beschikbare zendcapaciteit. Dit geeft aanleiding tot zeer interessante problemen voor netwerken van wachtrijen met interactie tussen de rijen, waarin de capaciteit van bediening wordt bepaald door de drukte bij de buren en door de locatie van die buren.

Fundamenteel onderzoek

Een aantal aspecten van genoemde toepassingen geeft duidelijk aanleiding tot fundamenteel onderzoek. Prestatie analyse van netwerken van wachtrijen met geschedulde klanten, met alternatieve routering of bewegende wachtrijen initieert uitdagende problemen. Hier regeert de nieuwsgierigheid, is niet de toepassing maar de vraag de grote drijfveer.

Tot slot

Als hoogleraar vervul ik uiteraard een rol als manager van de leerstoel. Hiernaast wordt van de hoogleraar in Nederland ook meer en meer gevraagd invulling te geven aan bestuurstaken binnen de eigen universiteit en binnen landelijke organisaties. In het algemeen wordt hiervoor naar mijn mening te veel vergaderd. Ik streef ernaar deze overhead zoveel mogelijk te beperken.

Het antwoord of de vraag. Dat is aan u. Ik heb u mijn idee hierover gegeven. Wellicht een meer genuanceerd beeld dan u van mij gewend bent. Wetenschappelijk onderzoek en onderwijs moeten gedreven zijn door nieuwsgierigheid, door zeer lange termijn uitdagingen, de vragen en problemen die we eigenlijk nog niet bedacht hebben. De nieuwsgierigheid, de vraag staat hier centraal. Natuurlijk pleit ik niet voor het totaal los laten van de relatie tussen onderzoek en maatschappij. Integendeel, zeker op een technische universiteit moeten de ramen en deuren wijd open staan voor interactie met bedrijven, organisaties en burgers die hun probleem of vraag willen komen bespreken. U heeft gezien dat een groot deel van de onderwerpen die ik gekozen heb voor mijn onderzoek ook sterk zijn gemotiveerd door deze praktijk. We moeten geïnteresseerd zijn in, nieuwsgierig zijn naar de problemen uit de praktijk en in staat zijn ook antwoorden te geven.

In The Hitch Hiker's Guide to the Galaxy van Douglas Adams bouwt een ras van hyperintelligente wezens Deep Thought, een fantastische supercomputer met de omvang van een kleine stad om 'Het Antwoord' te geven, het antwoord op de ultieme vraag, de Ultieme Vraag over het Leven, het Universum en Alles. Deep Thought geeft aan daar 7 en een half miljoen jaar voor nodig te hebben. Na 7 en een half miljoen jaar is Deep Thought klaar met rekenen, en geeft het antwoord op de Ultieme Vraag aan de in ondraaglijke spanning wachtende gelukkigen: 42.

Dames en Heren, 'Het antwoord of de vraag'.

Staat u mij toe, mij tot slot te richten tot mensen aan wie ik veel te danken heb.

Ik dank het College van Bestuur voor het in mij gestelde vertrouwen.

Hooggeleerde Zijm, beste Henk,
Toen jij in mei 2000 belde om te vragen of ik deel wilde gaan uitmaken van de Stochatic Operations Research groep die jij aan het opzetten was, stond ik niet direct klaar om de stap naar Twente te maken. Na enige goede gesprekken was ik weliswaar overtuigd van de prachtige mogelijkheden in Twente, maar de afstand Amsterdam – Twente, en de impact op mijn gezinsleven waren toch wel groot. Jij hebt mij de gelegenheid gegeven ruim de tijd te nemen om alle voors en tegens rustig tegen elkaar af te zetten. Ik dank jou voor het vertrouwen dat jij mij hebt gegeven. Ik vind het een eer jouw opvolger te mogen zijn als leerstoelhouder.

Leden van de leerstoel SOR,
Ik wil jullie bedanken voor de plezierige en constructieve samenwerking in de afgelopen periode. Jullie hebben mij veel geleerd. Ik ben er van overtuigd dat we onze plezierige samenwerking in de komende jaren verder kunnen uitbouwen.

Hooggeleerde Van Dijk, beste Nico,
Jij hebt als promotor de basis gelegd voor mijn vorming tot onderzoeker en mij niet alleen gesteund tijdens mijn promotietraject, maar ook daarna. Jouw enorme gedrevenheid werkt aanstekelijk. Ik geniet nog altijd van onze samenwerking.

Hooggeleerde Tijms, beste Henk,
Ook jij hebt als promotor aan de basis gestaan van mijn carriere. Jouw brede kennis van het vakgebied en rustige aansturing van studenten inspireren mij nog altijd.

Hooggeleerde Boxma, beste Onno,
Jij bent helaas niet aanwezig vanwege een promotie in jouw leerstoel.
Jij hebt mede de basis gelegd voor mijn loopbaan door mij te attenderen op en te steunen bij het verkrijgen van een ERCIM fellowship. Ik dank jou voor de zeer plezierige samenwerking die wij zijn gestart op het CWI, en die we nu voortzetten bij EURANDOM.

Beste promovendi en studenten,
Het is een voorrecht en een eer betrokken te mogen zijn bij de opleiding en vorming van gemotiveerde jonge mensen. Ik hoop dat deze eer mij in de toekomst nog veel te beurt valt.

Lieve familie en vrienden,
Veel mensen hebben mij en mijn gezin de afgelopen jaren direct en indirect gesteund, ons op de been gehouden. Het valt niet mee wanneer de spil uit het gezin wegvalt. Ik noem geen namen, zonder jullie steun had ik het niet gered.

Lieve Ma,
Door dik en dun heeft u mij gesteund en gestimuleerd. U roept altijd en tegen iedereen dat ik als klein jongetje al professor wilde worden.
Ik herinner mij dat zelf niet, maar het is mede dankzij uw steun wel gelukt.

Lieve Carla,
Jij hebt mij altijd de mogelijkheid gegeven mijn carrière na te streven. Het is jammer dat je zodadelijk niet naast mij kan staan om de felicitaties in ontvangst te nemen.

Lieve Fabian, Daphne, Deirdre en Daniël,
Mijn werk is mijn hobby. Hierdoor heb ik weleens te weinig tijd voor jullie. Jullie permanente belangstelling, steun en geduld vind ik heel verwarmend. Wanneer ik naar jullie kijk realiseer ik mij dat er naast mijn werk nog heel veel andere belangrijke zaken bestaan. Ik ga hier tijd voor vrij maken.

Ik heb gezegd.

1 Volledige tekst uit Star Trek:
Space: The final frontier
These are the voyages of the Starship, Enterprise
Its 5 year mission
To explore strange new worlds
To seek out new life and new civilizations
To boldly go where no man has gone before.

2 Deze zin is in de serie overigens nooit zo uitgesproken.

3 Douglas Adams, The Hitch Hikers Guide to the Galaxy, Pan Books, 1979 over teleportatie: Teleportation has been described as "not quite as fun as a good solid kick to the head" on account of the fact that teleporting involves having your atoms ripped apart in one place and put back together somewhere else. "I teleported home one night with Ron and Sid and Meg, Ron stole Meggie's heart away, and I got Sidney's leg."

4 Toen ik als jonge promovendus heel trots aan een kennis vertelde welke zeer theoretische resultaten ik had geboekt voor de analyse van netwerken in evenwicht, en welke fantastische toepassingen zulke resultaten zouden kunnen hebben voor de analyse van computernetwerken, merkte deze kennis droog op dat voor hem evenwicht niet zo interessant was. In evenwicht lag het marineschip waaraan hij werkte al lang op de bodem, dat was niet interessant.

5 De Pollaczek-Khintchine formule geeft een algemeen verband dat geldig is voor ieder wachtrijsysteem met een enkele bediende, zolang het aankomstproces een Poisson proces is, de variatiecoëfficiënt welgedefinieerd is, en de bediende altijd werkt wanneer er werk te doen is.

6 Een ruime meerderheid van het publiek gaf aan de situatie te kennen.

7 www.jet-net.nl

8 www.platformbetatechniek.nl

070830 Oratieboekje Boucherie 24-10-2007 14:51 Pagina 32

Universiteit Twente
de ondernemende universiteit