

Procesontwerp: Economie en Wiskunde in Bedrijf

Rede
in verkorte vorm uitgesproken bij de
aanvaarding van het ambt van hoogleraar
Industrial Engineering
aan de faculteit Economie en Bedrijfskunde
van de Rijksuniversiteit Groningen
op 8 november 2011
door
dr. Iris F.A. Vis

Mijnheer de Rector Magnificus,

1. Introductie

In globale termen kan worden gesteld dat mijn vakgebied Industrial Engineering zich bezighoudt met het analyseren en ontwerpen van processen. Ik zal daar straks uitvoeriger op in gaan. Ook het uitspreken van mijn oratie vandaag is op te vatten als een proces. Het ontwerp van dit proces is in de afgelopen periode gemaakt door het uitschrijven van deze rede. De belangrijkste ontwerpvariabele hierbij is natuurlijk de selectie van de te behandelen onderwerpen. Verder zijn van belang als variabelen het aantal woorden per onderwerp en het totaal aantal woorden. Tot slot bestaat er een noodvariabele, te weten het percentage van de geschreven tekst dat daadwerkelijk wordt voorgelezen.

Bij het ontwerp dient aan diverse randvoorwaarden te worden voldaan. Zo is daar een maximale tijdsduur. Randvoorwaarden kunnen ook afhangen van de geografische locatie en overige omstandigheden. Zo worden in Groningen alleen mensen bedankt in de schriftelijke versie van de oratie, maar niet in de uitgesproken tekst. Dat levert dus extra tijd op voor vakinhoudelijke bespiegelingen binnen de beschikbare tijd.

Om een goed ontwerp te maken, is het nuttig om gegevens te hebben, die als input kunnen dienen bij het ontwerp. Denk hierbij aan het aantal woorden dat per minuut kan worden uitgesproken. Aangezien het aantal woorden tijdens het ontwerp al wordt vastgelegd, bepaalt het spreektempo uiteindelijk de doorlooptijd van het proces. Gegevens kunnen worden verkregen door metingen bij soortgelijke processen en door middel van interviews met ervaringsdeskundigen. Ook kan al tijdens het ontwerp getracht worden een redelijke schatting te verkrijgen van de doorlooptijd door het uitvoeren van simulaties met verschillende scenario's. Uiteindelijk volgt de implementatie waar u nu getuige van bent.

Het vakgebied Industrial Engineering houdt zich bezig met het ontwerpen, verbeteren en installeren van geïntegreerde systemen van mensen, materialen, informatie, apparatuur en energie. Door gebruik te maken van gespecialiseerde kennis en vaardigheden uit de exacte en sociale wetenschappen, in combinatie met principes en methodes uit de technische hoek, kan de prestatie van systemen worden gespecificeerd, voorspeld en geëvalueerd¹.

Onder systemen verstaan we naast individuele organisaties en delen van organisaties ook netwerken van organisaties die samenwerken om diensten en producten aan klanten te leveren. Industrial Engineering functioneert in feite als brug tussen bedrijfskunde en technische wetenschappen. De Nederlandse vertaling is dan ook technische bedrijfskunde. Echter ook in algemene bedrijfskundeopleidingen, en opleidingen als econometrie en

¹ Institute of Industrial Engineers, <http://www.iienet2.org/>

technologiemanagement maken studenten ruimschoots kennis met vraagstukken en uitdagingen die kunnen worden opgelost met methodieken uit de industrial engineering.

Veel van het onderzoek dat wordt uitgevoerd binnen Industrial Engineering richt zich op het ontwikkelen van modellen en methodieken om goede beslissingen in ontwerp-, verbeter- en installeertrajecten te kunnen nemen. Uitgaande van mijn achtergrond en interesses ligt het voor de hand dat mijn bijdrage voor een belangrijk deel zal liggen in toepassingen waarbij Operations Research een belangrijk bestandsdeel vormt. Daarnaast biedt de positionering van deze leerstoel binnen de faculteit Economie en Bedrijfskunde mij de unieke kans om meer vakgebieden te betrekken bij de behandeling van vraagstukken, zoals ook al was af te leiden uit de titel van deze oratie.

De mens vormt een belangrijke schakel in de meeste systemen. De medewerkers van een organisatie leveren hun bijdrage aan de tot standkoming van de te leveren dienst of het product. Daarnaast bouwt het succes van elke organisatie op de kracht waarmee klanten kunnen worden aangetrokken en tevreden kunnen worden gesteld. Dit geldt voor organisaties in de productie-, distributie- of servicesector, zowel privaat als publiek en zowel profit als non-profit. Een ontevreden klant zal -indien mogelijk- uit het systeem vertrekken en op zoek gaan naar alternatieven. Dit resulteert in een verlies voor de organisatie vanuit het oogpunt van zowel financiën als reputatie². Bij het inrichten van processen zal de juiste balans moeten worden gezocht tussen efficiëntie en klanttevredenheid. In deze oratie ga ik in op enkele mogelijke strategieën en bijbehorende methodieken die bijdragen aan het vinden van deze balans.

2. Procesontwerp en -besturing

Een proces is een netwerk van activiteiten die door machines of medewerkers worden uitgevoerd op basis van beschikbare informatie. De beoordeling door de klanten vindt plaats op basis van een bundeling van de volgende vier producteigenschappen: kostprijs van het product, levertijden, mogelijke variaties en kwaliteit³. Om als organisatie op elk van de vier eigenschappen in de gewenste mate te kunnen scoren, dienen de processen hierop te worden ontworpen en dient de prestatie afgemeten te worden aan vier parallelle maten, te weten de kosten, de doorlooptijden, de flexibiliteit en de geleverde kwaliteit.

De ontwikkelingen in de inrichting van processen loopt parallel aan technologische ontwikkelingen en veranderingen in de wensen van klanten. Niet met het doel volledig te willen zijn, maar om u te informeren over enkele hoofdpunten, neem ik u mee in de geschiedenis van het vakgebied Industrial Engineering. De oorsprong ligt in de school van

²Anupindi, R., Chopra, S., Deshmukh, S.D., Mieghem, J.A. van, Zemel, E. (2012), *Managing business process flows*, Prentice Hall, New Jersey.

³Anupindi, R., Chopra, S., Deshmukh, S.D., Mieghem, J.A. van, Zemel, E. (2012), *Managing business process flows*, Prentice Hall, New Jersey.

scientific management⁴. Ongeveer een eeuw geleden presenteerde Frederick Taylor methoden en technieken om de activiteiten uitgevoerd door medewerkers bij de transformatie van input naar output efficiënt te organiseren. Het hoofddoel was het verhogen van de productiviteit en het creëren van economisch gezonde organisaties. Fabrikant Ford produceerde vanaf 1908 het Ford Model T. Productie vond vanaf 1913 succesvol plaats op assemblagelijnen waardoor massaproductie een feit was. De tijd benodigd voor assemblage daalde van 12,5 uur per auto naar 1,5 uur. De prijzen daalden van 950 dollar in 1909 via 360 dollar in 1916 naar 290 dollar in 1926. In dat jaar produceerde Ford de helft van alle auto's in de wereld. Voor de klanten werd daarmee een goede score bereikt op de eigenschappen kosten en levertijden. De gekozen ontwerpprocedure was duidelijk: "Elke klant kan de auto in elke kleur geleverd krijgen, zolang het maar zwart is"^{5,6}. Van variatie was dus geen sprake. Massaproductie werd ook in andere industrieën succesvol geïmplementeerd.

Ook later kon weer een grote ontwikkeling in het procesontwerp in de auto-industrie worden geconstateerd. Vanaf 1948 werkte Toyota stap voor stap en door continu te leren naar het concept toe dat we sinds de jaren 90 van de vorige eeuw als lean-productie zijn gaan aanduiden. Lean is de set van methoden die worden ingezet om verspilling te identificeren en te voorkomen. Het hoofddoel is het verbeteren van de kwaliteit, terwijl levertijden en kosten lager worden. Verspilling is hierbij letterlijk op te vatten als verspilling van materialen binnen de productieomgeving. Maar verspilling omvat ook vertragingen in het proces, fouten en overbodige kosten. Voor Toyota was het directe resultaat dat auto's konden worden geproduceerd in relatief lage volumes tegen concurrerende kosten. De klant heeft keuzevrijheid en kan exacte producteigenschappen specificeren. Hiermee werd de conventionele logica van massaproductie omgedraaid.⁷

Dienstverlenende bedrijven weten al sinds hun ontstaan dat klanten interfereren met het ontwerp van de processen. Maar producenten en distributeurs worstelen feitelijk met exact dezelfde interferentie. Bedrijven moeten hun weg vinden tussen wat de klant verwacht en een efficiënte inrichting van het proces. De invloed van klanten blijkt uit de variatie en onzekerheid van hun gedrag⁸. Dit valt terug te zien in bestelpatronen, gewenste producteigenschappen, levertijden, klachten, retouren, enzovoort. En zo schipperen bedrijven tussen het zich aanpassen aan de wensen van de klant en het accepteren door de klant dat diensten en producten op een bepaalde manier worden aangeboden. De vraag is of de acceptatiegraad hoog is, aangezien de klant niet bezig is met de operaties binnen het bedrijf maar alleen met het eindproduct.

⁴Davenport, T. (1990), The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign, *Sloan Management Review* 31(4), 11-27.

⁵Anupindi, R., Chopra, S., Deshmukh, S.D., Mieghem, J.A. van, Zemel, E. (2012), *Managing business process flows*, Prentice Hall, New Jersey.

⁶The New Encyclopædia Britannica (1998), Volume 21 Macropædia, 15th edition.

⁷Holweg, M. (2007), The genealogy of lean production, *Journal of Operations Management* 25, 420-437.

⁸Frey, F.X. (2006), Breaking the trade-off between efficiency and service, *Harvard Business Review*, November, 92-101.

In mijn ogen is de kern dus het vinden van een balans tussen enerzijds het verleiden van de klant om efficiënt produceerbare producten en diensten af te nemen en anderzijds om het proces aan te passen aan de wensen van de klanten. Natuurlijk is verleiden betrekkelijk. Want, iemand verleiden, lukt alleen maar als die persoon ook verleid wil worden. Bedrijven moeten dus op zoek naar die aspecten die de klanten ook graag willen. Collega Van Goor trok in zijn afscheidsrede op 30 september 2011 de conclusie dat logistiek kan leren van de commercie. Om de juiste verleidingsstrategieën te vinden, lijkt ook bij procesontwerp een nauwere samenwerking met de afdeling marketing noodzakelijk. In plaats van bij het procesontwerp de door marketing uitgedachte acties en assortimentskeuzes te volgen, zou meer gericht kunnen worden op het verleiden van klanten om dat te willen wat uit procesmatig oogpunt is gewenst. Hiervoor is het gebruik van real-time informatie over klantenwensen, klantengedrag en goederenstromen noodzakelijk. Huidige technologie maakt het mogelijk om deze aspecten continu te monitoren. Een concreet voorbeeld hiervan is het gebruik van online recensies van klanten bij het voorspellen van de verwachte vraag naar een product. Goederen, die bijvoorbeeld in een container worden getransporteerd, kunnen worden gevolgd met behulp van automatische identificatiemiddelen. Satelieten en vaste uitleessystemen registreren de container onderweg en geven de noodzakelijke informatie voor bijvoorbeeld het overslagproces en de douaneprocessen door.

3. Methodologie

De samenhang van de genoemde vakgebieden komt ook tot uiting in het formuleren van de werkwijze die ik idealiter gebruik bij het vaststellen van het onderzoeksontwerp en de methodieken voor procesontwerp. Ik baseer mij hierbij op methodologieën die gangbaar zijn binnen operations research, operations management, supply chain modellering, business process improvement en business process reengineering^{9,10,11,12}. Ondersteunend hierbij is een combinatie van kwalitatieve en kwantitatieve onderzoekstechnieken. Als directeur van de twee masterprogramma's Supply Chain Management en Technology and Operations Management van de afdeling Operations is trouwens mijn doel om ook de studenten deze combinatie van onderzoeksmethoden te laten waarderen en om hen vervolgens te verleiden deze zelf te kiezen bij het doen van onderzoek.

Uitgangspunt is een praktisch probleem. Het probleem wordt vervolgens vertaald in een conceptueel model. Om deze stap te kunnen zetten, is informatie over de doelen van de organisatie of het netwerk noodzakelijk. Daarnaast dient een analyse van de input en output van het proces plaats te vinden om alle kernelementen te kunnen benoemen. Kwalitatieve

⁹ Mitroff, I.I., Betz, F., Pondy, L.R. and Sagasti, F. (1974), On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon, *Interfaces*, 4(3), 46-58.

¹⁰ Naim, M. M., and D. R. Towill. 1994. Establishing a Framework for effective Materials Logistics Management. *International Journal of Logistics Management* 5 (1):81-88.

¹¹ Bertrand, J.W.M., Fransoo, J.C. (2002), Operations management research methodologies using quantitative modeling, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 22 No. 2, 2002, pp. 241-264.

¹² McKay, A., Radnor, Z. (1998), A characterization of a business process, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18 No. 9/10, 1998, pp. 924-936.

onderzoekstechnieken zoals enquêtes en interviews staan aan de basis van het vinden van antwoorden op de geschetste vragen. Eventueel onder realistische aannames kan het conceptueel model worden vertaald naar een wetenschappelijk model. In de derde stap wordt een oplossingsmethodiek afgeleid die oplossingen voor het probleem kan vinden. Hiervoor is bewijs of validatie noodzakelijk. In de laatste stap wordt de gevonden oplossing geïmplementeerd. In dit tweede deel staan kwantitatieve onderzoekstechnieken centraal, die variëren van analytisch tot empirisch onderzoek.

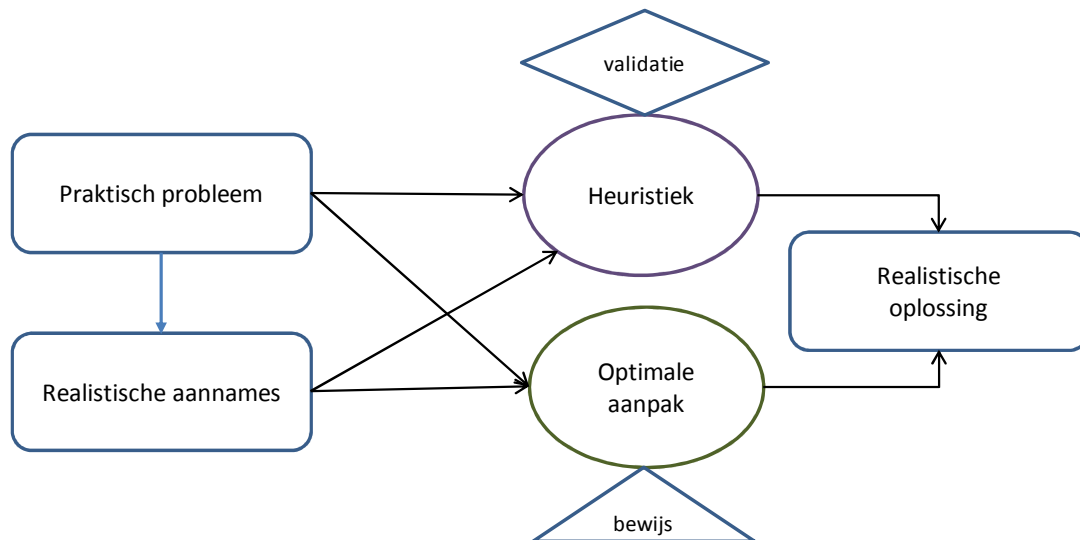
De rol van informatietechnologie in het ontwerpen van processen speelt een steeds belangrijkere rol¹³. Een andere stroming in de literatuur richt zich op kwaliteitsverbeteringstechnieken¹⁴. Bij het ontwikkelen van oplossingsmethodieken kan worden gekeken welke rol ICT kan spelen bij het verkrijgen van goed georganiseerde processen. Dit kan ofwel door het gebruik van historische data dan wel door het gebruik van real-time informatie. Een belangrijke afweging die wordt gemaakt bij het ontwikkelen van de oplossingsmethodiek is of gekozen wordt voor een benaderingsmethode of een optimale oplossingsmethode.¹⁵ Deze keuze dient bij elk probleem opnieuw te worden gemaakt (zie figuur 1). Algoritmes zijn interessant, aangezien ze leiden tot een optimale oplossing. Belangrijk is om in het oog te houden of het originele probleem wordt opgelost en het feit dat voor operationele en tactische beslissingsproblemen rekestijden van groot belang zijn. Een wiskundig bewijs van optimaliteit en een beschrijving van de complexiteit zijn belangrijke attributen bij het publiceren en implementeren van algoritmes. Heuristieken zijn favoriet indien het wiskundig model dat wordt geformuleerd niet meer de realiteit weergeeft of als een optimale aanpak teveel rekestijd vergt. Ook kan het soms van belang zijn dat een methodiek gemakkelijk uit te leggen is binnen de organisatie, waardoor heuristieken ook de voorkeur kunnen krijgen. Een uitgebreide validatieprocedure wordt toegepast om aan te tonen dat statistisch gezien, een betrouwbare heuristiek is ontwikkeld. Praktische validatie wordt gebruikt om aan te tonen dat de ontwikkelde heuristiek ook daadwerkelijk in de praktijk tot de gewenste resultaten zal leiden. Een goede balans dient te worden gevonden tussen het afleiden van theoretische oplossingsmethodieken en direct toepasbare realistische oplossingsstechnieken, dan wel heuristisch, dan wel optimaal. Niet voor niets merkte Wolsey in 1979 op dat het vakgebied Operations Research meer algoritmes kende dan toepassingen¹⁶.

¹³Davenport, T. (1990), The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign, *Sloan Management Review* 31(4), 11-27.

¹⁴Hammer, M. (1990), Reengineering work: don't automate, obliterate, *Harvard Business Review*, July-August, 104-112.

¹⁵Zanakis, S.H., Evans, J.R. (1981), Heuristic "optimization": why, when, and how to use it, *Interfaces* 11(5), 84-91.

¹⁶Wolsey, R.E.D. (1979), Pragmatism triumphant or past sophistication and future elegance. In: Haley, K.B. (Ed.), *Operational Research '78*. North Holland, Amsterdam, pp. 80-86.



Figuur 1: Heuristiek of algoritme

Uit mijn huidige onderzoek dat ik met collega-onderzoekers uitvoer, zijn vele voorbeelden aan te halen. Roel van Anholt bestudeert in zijn promotieonderzoek ontwerpbeslissingen die een rol spelen bij het optimaliseren van het voorraadbeheer bij banken¹⁷ en in geldautomaten¹⁸. Procesontwerp voor dienstverlenende omgevingen, zoals bibliotheken, staat centraal in projecten waaraan momenteel promovenda Susanne Wruck¹⁹ en post-doc Remco Germs werken. Ook het voorkomen van lege schappen in de supermarkten zijn een mooi voorbeeld. Dr. Marco Bijvank heeft hier tijdens zijn promotieonderzoek mooie oplossingsmethodieken zowel op heuristische als algoritmische basis voor ontwikkeld²⁰.

In het tweede deel van mijn oratie ga ik in op twee nieuwe thema's. Beide thema's zijn gericht op de balans tussen enerzijds de initiële wens van de klant en anderzijds het overhalen van de klant om dat te wensen wat efficiënter is. Aan de hand van de geschetste methodologie laat ik zien welke onderzoeksstappen binnen deze lijnen kunnen worden gezet.

¹⁷ Vis, I.F.A. (1997), Kasvoorraadbeheer bij aangesloten banken, *Master Thesis*, Leiden University.

¹⁸ Anholt, R.G. van, Vis, I.F.A. (2010), An integrative online ATM forecasting and replenishment model with a service level constraint, *proceedings of The 1st International Conference on Logistics and Maritime Systems (LOGMS 2010)*.

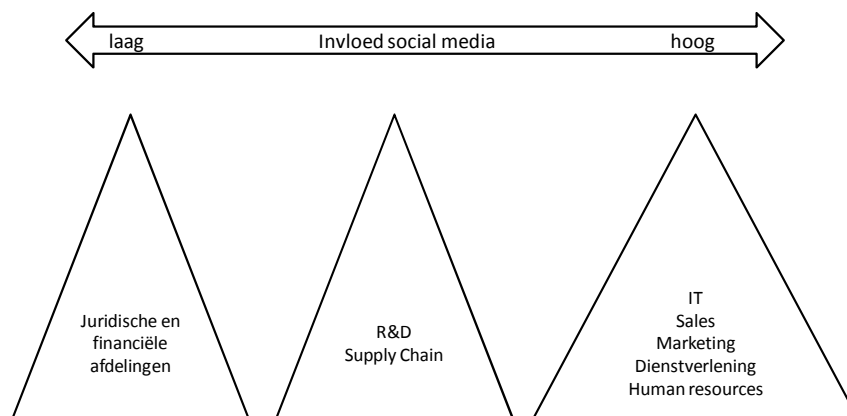
¹⁹ Wruck, S., Vis, I.F.A., Boter, J. (2011), Batching Management in Warehouses with High Product Returns: Development and Discussion of Approaches and Models, *under review*.

²⁰ Bijvank, M., Vis, I.F.A. (2011), Lost-sales inventory theory: a review, *European Journal of Operational Research* 215, 1-13.

4. Social media als verleidingsstrategie bij het bestelproces

Twitteren, facebooken, hyven, en ga zo maar door. Nieuwe werkwoorden worden toegevoegd aan onze taal. Zelf ben ik geen actief twitteraar, maar door de enthousiaste verhalen van Jerry van Leeuwen²¹, ben ik mij bewust geworden van de nieuwe dimensie die deze concepten kunnen geven aan procesontwerp. Marketingafdelingen zien al langer de kracht van virtuele netwerken en real-time informatie om de verkoop van goederen en diensten te sturen. Door de kracht van social media kan de klant in alle fases van het productontwerp worden betrokken, van het genereren van ideeën en het testen van prototypen tot het geven van feedback. Het blijkt dat een grotere betrokkenheid van klanten bij het begin van het productontwerp tot een grotere acceptatiegraad leidt²². In principe krijgen alle afdelingen binnen organisaties te maken met social media²³. Echter de impact verschilt zoals is te zien in Figuur 2.

De vraagvoorspelling is een belangrijk aspect in supply chains en wordt veelvuldig ondersteund door het volgen van klantgedrag op het internet. Muis klikken van gebruikers op websites, zoektermen en online beoordelingen vormen samen een belangrijke bron van inspiratie bij het voorspellen van verkoopcijfers. Uit onderzoek blijkt dat een duidelijke koppeling bestaat tussen de levenscyclusfase waarin het product zich bevindt (bijvoorbeeld, ontwerp of lancering) en de te gebruiken data²⁴. Geavanceerde wiskundige technieken zijn nodig om uit deze grote hoeveelheid data de juiste gegevens te selecteren en te vertalen naar een concrete voorspelling.



Figuur 2: de invloed van social media op verschillende delen in de organisatie (vertaald uit Smith en Wollan, 2011²⁵)

Het inzetten van social media als mogelijke strategie om klanten te verleiden om concessies te doen op specifieke producteigenschappen of op de levertijden gaat een stap verder. Een

²¹ directeur ScanYours.com, eBusiness Consultancy, <http://www.scanyours.com/>

²² Alon, A., Gupta, A.J. (2011), Using social media to drive product development and find new services to sell, in: *The Social Media Management Handbook*, Smith et al. (eds.), Wiley, New Jersey, 104-119.

²³ Smith, N. en Wollan, R. (2011), The power and business risks of social media, in: *The Social Media Management Handbook*, Smith et al. (eds.), Wiley, New Jersey, 3-15.

²⁴ Reijden, P. van de, Koppius, O. (2010), The value of online product buzz in sales forecasting, *ICIS 2010 Proceedings*. Paper 171.

²⁵ Smith, N. en Wollan, R. (2011), The power and business risks of social media, in: *The Social Media Management Handbook*, Smith et al. (eds.), Wiley, New Jersey, 3-15.

redelijk nieuw concept is stimuleren van groepsgewijs kopen door klanten. Door op deze wijze klanten slim te sturen via social media lijken we deels terug te kunnen keren naar productieconcepten die vroeger succesvol waren.

Zo heeft computerfabrikant Dell de "Dell Swarm" geïntroduceerd²⁶. Een consument kan zelf een swarm starten door een specifieke configuratie voor een computer voor te stellen. Andere consumenten kunnen zich aansluiten bij de groep. De groepsleden moeten samen tot overeenstemming komen over de specificaties van de te bestellen computer, want het uiteindelijke doel is dat elk groepslid een computer thuis krijgt geleverd volgens de overeengekomen specificatie. Hoe groter de groep, hoe meer korting Dell op de computer geeft. Groepsleden kunnen via bijvoorbeeld facebook en twitter informatie delen en andere consumenten oproepen om zich aan te sluiten. In feite functioneren actieve klanten zo als agenten van het bedrijf om een groep van klanten bij elkaar te krijgen en de levertijden en specificaties te coördineren. De verkregen kostenbesparingen in zowel het productieproces als het transport worden gedeeld tussen klant en bedrijf. Het eerste wetenschappelijk onderzoek is inmiddels gestart om aan te tonen in welke opzet hiermee winst kan worden verkregen en wanneer deze wijze van verkopen als marketinginstrument moet worden ingezet om klanten te verleiden²⁷.

Voor bedrijven is het van belang om tot een efficiënte inzet van beschikbare middelen te komen. Trouwe klanten die regelmatig grote orders plaatsen zijn daarbij populair zoals uit het vorige voorbeeld ook blijkt. Een vertaling naar een dienstenomgeving waar met minder personeel en middelen steeds efficiënter moet worden gewerkt, lijkt ook interessant. Neem als voorbeeld een bibliotheek. Een klant mag per keer een vast aantal boeken lenen en heeft een bepaalde leestijd nodig voordat hij opnieuw een beroep zal doen op de middelen van de bibliotheek. Door leengegevens van andere klanten slim te combineren kan aan een klant een leenadvies worden gegeven. Of zoals Amazon.com het uitdrukt "Customers Who Bought This Item Also Bought ...", maar dan voor bibliotheekboeken. Er is echter een interessante mogelijkheid met bibliotheekboeken die bij de verkoop van boeken niet bestaat. Op basis van analyses kan een boek worden geselecteerd voor een klant dat hij/zij ongevraagd mee krijgt bovenop de boeken die hij/zij eigenlijk wil lenen. De klant is natuurlijk vrij om het boek niet te lezen. Maar als de klant het boek wel leest, zal het verwachte tijdstip van het volgende bezoek aan de bibliotheek verschuiven. De klant wordt zo verleid tot minder bezoeken aan de bibliotheek en dat resulteert in besparingen. Om het concept tot een succes te maken, zal een antwoord moeten worden gegeven op een aantal vragen. Wat zijn de juiste boeken om mee te geven? Welke klanten stellen hier prijs op? Wat is de juiste collectie in de bibliotheek? Blijft er voldoende keuze op de plank achter of moet de collectie worden uitgebreid? Hoe moeten de interne processen in de bibliotheek worden georganiseerd?

²⁶ <http://www.dellswarm.com/uk/index/landing>

²⁷ Jing, X., Xie, J. (2011), Group Buying: A new Mechanism for selling through social interactions, *Management Science* 57(8), 1354-1372.

5. Betrouwbaarheid als verleidingsstrategie in transportnetwerken

Een transportnetwerk biedt de structuur en infrastructuur om een lading van A naar B te laten verplaatsen. Verladers hebben voor het vervoer de keuze uit verschillende modaliteiten. Zo kan van boot, trein of vrachtwagen gebruik worden gemaakt. Ook kan gekozen worden voor intermodaal vervoer, dus een combinatie van modaliteiten. Deze keuze wordt momenteel op voorhand gemaakt. Dit betekent dat in het geval van vertragingen, verstoringen en versperringen geen tijdige levering van de goederen meer kan worden gegarandeerd.

*Synchromodaal vervoer*²⁸, benoemd als een van de speerpunten voor de sector door het Topteam Logistiek, maakt gebruik van real-time informatie. Het transportnetwerk wordt zodanig vorm gegeven dat alle operators real-time informatie delen over mogelijke vertragingen en dat de coördinator op basis daarvan voor iedere lading opnieuw de keuze maakt voor de juiste combinatie van modaliteiten. Door samenwerking voor concurrentie in het netwerk te stellen, kan een flexibele en duurzame inzet van vervoersmiddelen worden bereikt waarbij bijvoorbeeld minder kilometers met lege voertuigen worden afgelegd.

Een recent voorbeeld toont de noodzaak van een concept als synchromodaal vervoer aan. Op 13 januari 2011 kapseisde een schip in de rivier de Rijn. Als gevolg hiervan kon geen enkel schip dit punt in de rivier meer passeren. Bergingswerkzaamheden en de bijbehorende stremming duurden een maand. Tijdens deze periode vormde zich een file van 400 boten²⁹. In oktober 2011 werd bekend, dat de kostenpost zeker 50 miljoen euro is geweest, waarvan 14 miljoen euro ten laste kwam van de binnenvaartschippers en 26 miljoen euro ten laste van de verladers. De imagoschade die de binnenvaartsector heeft opgelopen, is in deze berekeningen niet meegerekend³⁰. De voorraden in distributieketens stegen, andere leveranciers werden benaderd en tegelijkertijd daalde de omzet. Verladers zagen zich genoodzaakt om andere vormen van transport te zoeken.

Een synchromodaal netwerk heeft van een dergelijke gebeurtenis minder last, omdat het inherent flexibel is. Verladers hebben de optie om per direct andere modaliteiten in te zetten. Het Topteam Logistiek geeft aan dat een open ICT platform waarin alle informatie door stakeholders in het transportnetwerk wordt gedeeld, noodzakelijk is voor het welslagen. Daarnaast zullen data uit geografische informatiesystemen en GPS-gegevens een belangrijke bron van informatie zijn bij het continu monitoren van goederenstromen en verstoringen daarvan. Belangrijk is om op voorhand vast te stellen welke typen data beschikbaar dienen te zijn voor het op de juiste manier aansturen van synchromodale netwerken. Vrachtbrieven zullen ook de juiste informatie moeten bevatten om de juiste beslissingen te kunnen nemen.

²⁸ Topteam Logistiek (2011), Partituur naar de top, *Adviesrapport Topteam Logistiek*.

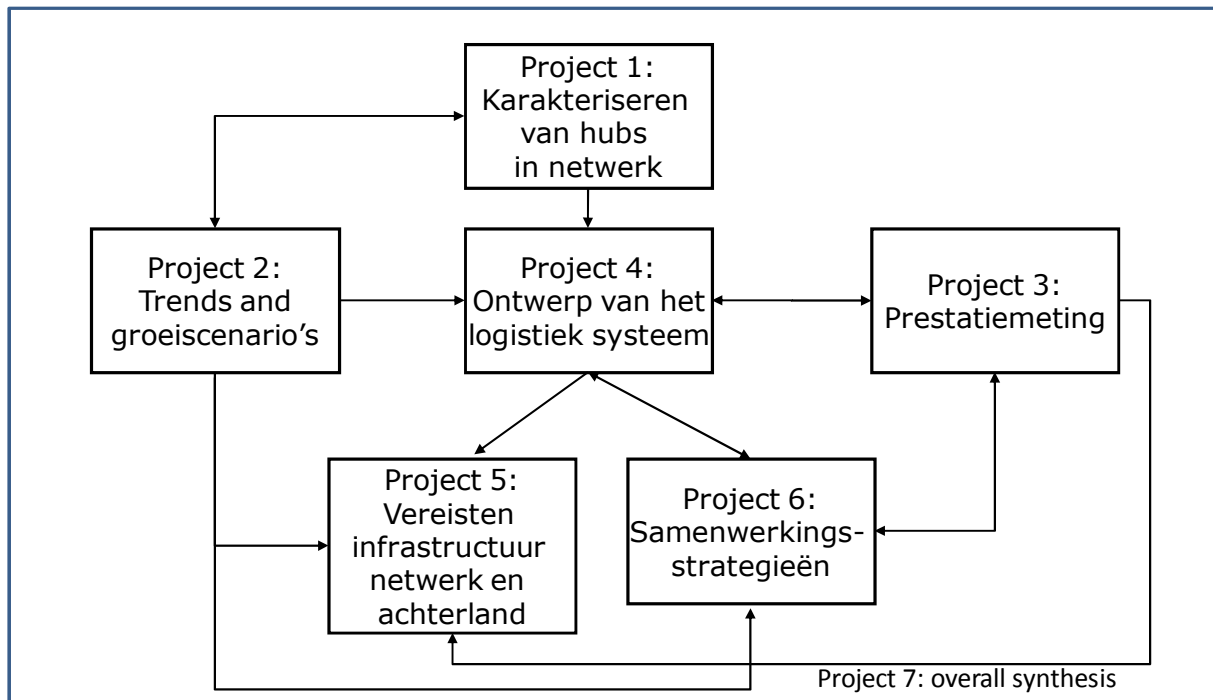
²⁹ [http://www.rtl.nl/\(/actueel/rtlnieuws/buitenland/\)/components/actueel/rtlnieuws/2011/02_februari/08/buitenland/file-bij-omgeslagen-tanker-opgelost.xml](http://www.rtl.nl/(/actueel/rtlnieuws/buitenland/)/components/actueel/rtlnieuws/2011/02_februari/08/buitenland/file-bij-omgeslagen-tanker-opgelost.xml)

³⁰ <http://nos.nl/artikel/287405-stremming-rijn-kostte-zeker-50-mln.html>

Om de nieuw voorgestelde structuur van transportnetwerken en de aansturing ervan te laten slagen, zal de verlader moeten worden overtuigd van het nut ervan en bereid moeten zijn om de regie uit handen te geven. De klant specificeert enkel en alleen nog de oorsprong en de bestemming van de lading en het gewenste tijdsvenster. Een belangrijke stimulans voor de acceptatie van deze manier van aansturing, lijkt de geboden mate van flexibiliteit en betrouwbaarheid. De centrale onderzoeksvraag is daarom hoe het synchro-modale netwerk zodanig moet worden ontworpen dat ten eerste klanten kunnen worden verleid om er gebruik van te maken en ten tweede er voor verladers en de coördinator een efficiënte en flexibele manier van werken ontstaat. De flexibiliteit zou zelfs kunnen worden vergroot door het toestaan van een dynamische toewijzing van modaliteiten aan ladingen die reeds onderweg zijn.

In het hierna volgende stuk van mijn oratie schets ik de onderzoeksstappen die mijns inziens aan de basis liggen van een goed netwerk ontwerp met dynamische en-route toewijzing van modaliteiten op basis van real-time informatie (zie figuur 3). Ondersteuning van Groningen Seaports maakt het mogelijk om hier per direct mee aan de slag te gaan.

In de kern onderscheiden we de volgende stappen. (1) Het vaststellen van de knooppunten in het netwerk op basis van historische data en voorspellingen. (2) Het definiëren van het benodigde logistieke systeem. (3) Het vaststellen van de bijbehorende infrastructuur en achterlandverbindingen. (4) Het formuleren van aansturingconcepten die het mogelijk maken om op basis van real-time informatie te plannen en opnieuw te plannen. (5) Strategieën ontwerpen voor horizontale en verticale samenwerking in het netwerk. Formuleringen voor het meten van prestatie-maten als duurzaamheid en betrouwbaarheid zullen in project 3 worden afgeleid en als basis kunnen dienen voor het vergelijken en selecteren van ontwerpen.



Figuur 3: Schematische weergave van de onderzoeksstappen

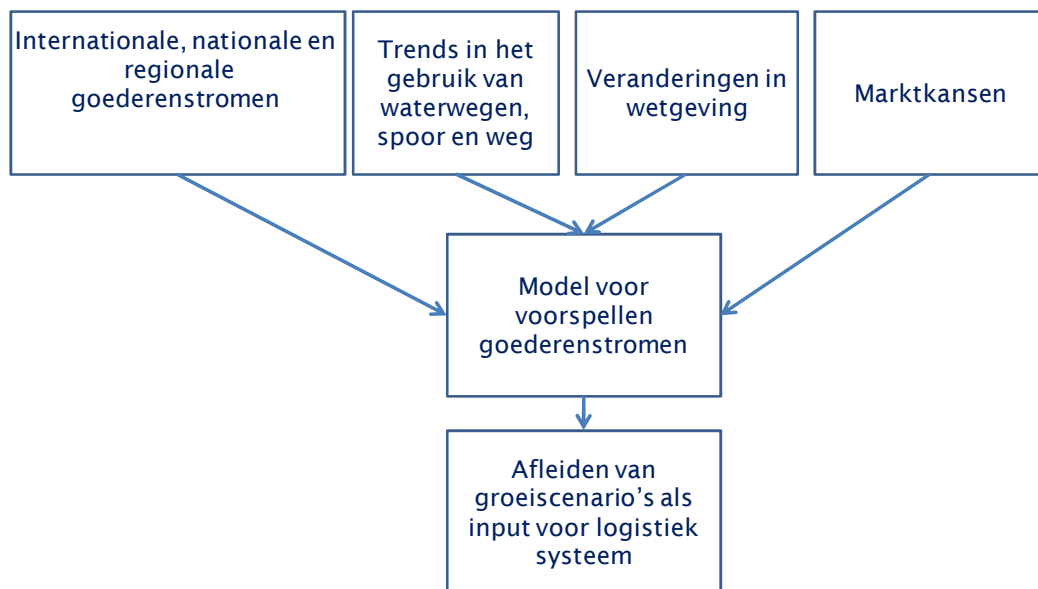
Project 1: Karakteriseren van knooppunten

Het doel van dit project is het inpassen van knooppunten en functionaliteiten in het synchromodale netwerk. Hiervoor starten we met het beschrijven van de functies, rollen en activiteiten die een knooppunt (zoals een haven) kan uitvoeren. We zoeken hier de analogie met het model dat de levenscyclus van een product beschrijft. In elke fase van de groei naar volwassenheid, kan een knooppunt een andere functie vervullen in het netwerk, kan een ander achterlandnetwerk en een andere infrastructuur van belang zijn en kunnen andere partijen zich vestigen in het knooppunt. Een beschrijving van alle fasen, in combinatie met het benoemen van factoren en netwerkpartners in elke fase, dient als belangrijke input voor het kiezen van de knooppunten in het netwerk. Om een antwoord te vinden op elk van deze vragen zal worden gestart met een literatuurstudie. Daarnaast worden observaties bij een groot aantal havens (mainports en regionale havens), luchthavens en railterminals uitgevoerd.

Project 2: Groeiscenario's

Bij het ontwerpen van synchromodale netwerken is kennis over groeiscenario's van groot belang. Het doel van dit project is om een methodiek af te leiden die deze groeiscenario's kan benoemen (zie Figuur 4). Op basis van de huidige goederenstromen op regionaal, nationaal en internationaal niveau zouden met bekende wiskundige technieken en GIS analyses voorspellingen kunnen worden gedaan van toekomstige stromen. Echter we identificeren ook de volgende andere factoren die van belang zijn bij het doen van voorspellingen. (1) Verwachte ontwikkelingen in het goederenvervoer op basis van voorspellingen over gebruikte modaliteiten en de infrastructuur. (2) Verwachte veranderingen in institutionele, politieke, maatschappelijke en economische factoren. (3) Identificatie van marktkansen.

Neem als voorbeeld van het eerste aspect de geplande verbreding van het Panamakanaal in 2014. Deze capaciteitsuitbreiding van schepen van 4.400 TEU³¹ naar schepen van 12.600 TEU heeft mogelijkwerwijs een verandering in de routes van schepen tot gevolg. Dit valt als volgt te verklaren. Twee derde van de Amerikaanse bevolking leeft aan de oostkust. De toevoer van Aziatische producten naar de oostkust gaat momenteel over land omdat de gebruikte schepen niet door het Panamakanaal kunnen en omvaren te veel extra mijlen oplevert. Een mogelijke verschuiving zou kunnen zijn dat deze goederen nu aan boord van de schepen blijven en naar havens aan de oostkust varen. Kostentechnisch een interessante verschuiving. Levertijden zullen echter misschien toenemen. De vraag is hoe deze afweging gaat uitpakken. Maar het benadrukt des te meer dat in het voorspellen van de goederenstromen ook verwachtingen omtrent het gebruik van wegen, vaarwegen en modaliteiten dienen te worden meegenomen³².



Figuur 4: conceptueel model voor het bepalen van groeiscenario's.

Projecten 4, 5 en 6: Ontwerpen

De nadruk ligt zowel op interne goederenstromen (bijvoorbeeld binnen een haven) als op stromen tussen de verschillende knooppunten (bijvoorbeeld luchthavens, zeehavens, railterminals).

Het synchro-modale netwerk kan worden gemodelleerd als een dynamic multicommodity netwerk³³. We kunnen het probleem als volgt beschrijven in een conceptueel model. Het doel is het routeren van verschillende modaliteiten om een voorgeschreven set van niet-homogene opdrachten te transporteren. Elke levering heeft een specifiek tijdsvenster,

³¹ standaardmaat Twenty-foot equivalent unit (TEU), container met lengte 20ft

³² Jones Lang LaSalle (2011), The Panama canal's impact on U.S. industrial real estate, white paper, http://www.joneslanglasalle.com/ResearchLevel1/Panama_Excursion-JLL.pdf.

³³ Ahuja, R.K., Magnanti, T.L., and Orlin, J.B. (1993), *Network Flows, theory, algorithms, and applications*, Prentice Hall, New Jersey.

benodigde vervoerscapaciteit en een oorsprong en bestemming. We hebben te maken met een niet-homogene vloot van vervoersmiddelen die elk hun eigen route door het netwerk hebben en zich met verschillende snelheden door het netwerk voortbewegen. Onderweg kan een stop worden gemaakt in een knooppunt en bestaat de mogelijkheid om de goederen over te slaan van de ene modaliteit naar de andere. Bij elke vorm van beweging horen kosten, die bijvoorbeeld te relateren zijn aan tijdsduur en operationele kosten. Elke achterlandverbinding heeft een vervoerscapaciteit die per modaliteit kan verschillen. Het tijdsaspect kan aan elk knooppunt worden gekoppeld door aankomst- of vertrektijden te benoemen. Door dit voor elk moment in de tijd te doen, maken we meerdere kopieën van het onderliggende netwerk. Bundeling van goederenstromen, het zorgdragen dat de lading die een knooppunt binnenkomt daar ook weer vertrekt, en het zorgdragen dat lading van het ene naar het andere punt nooit door meer dan een modaliteit wordt vervoerd, wordt afgedwongen met randvoorwaarden.

Oplossingsmethoden dienen te worden ontwikkeld, die gebruikt kunnen worden voor het nemen van onder andere de volgende beslissingen:

- Welke route wordt gekozen van start naar eindpunt?
- Welke stromen kunnen worden gecombineerd?
- Welke modaliteit(en) wordt(worden) gekozen om lading te vervoeren?
- Op welke tijdstippen start en eindigt het vervoer van elke lading?
- In welk knooppunt vindt overslag plaats?

Het vinden van een oplossing in het netwerk gebeurt op basis van real-time informatie. Dit betekent dat de beschikbaarheid van achterlandverbindingen en hubs kan worden weergegeven en indien nodig op nul gezet. Daarnaast kan de real-time informatie worden gebruikt bij de toewijzing aan modaliteiten om tijdens de uitvoering een beslissing te herzien. Hiervoor is het van belang om de beschikbaarheid van knooppunten en verbindingen weer te geven en verloren tijd uit te kunnen drukken in kosten zodat een economische afweging kan worden gemaakt. De kwaliteit van de oplossing kan worden gemeten aan de hoeveelheid opdrachten die op tijd worden afgeleverd, de mogelijke reductie in het aantal lege bewegingen van modaliteiten, de robuustheid van de oplossing om op elk moment te kunnen wisselen van modaliteit, lagere kosten en lagere doorlooptijden.

In project 5 wordt het achterlandnetwerk gedefinieerd dat nodig is om alle knooppunten te kunnen bereiken. Daarnaast wordt benoemd wat de eisen aan de onderliggende infrastructuur van het netwerk zijn. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan de capaciteit van sluizen in rivieren. In project 6 worden strategieën voor horizontale en verticale samenwerking in netwerken gedefinieerd. Deze zijn nodig om de krachten te bundelen en om binnen het voorgestelde logistiek systeem betrouwbare diensten te kunnen leveren. Dit kan leiden tot efficiëntievoordelen en een duurzame samenwerking.

6. Conclusie

Uit deze oratie is hopelijk duidelijk geworden, dat een belangrijk doel bij het aanbieden van producten en diensten is om de klant te verleiden om betrouwbare producten en diensten af te nemen die het resultaat zijn van efficiënte en economisch gezonde processen. Door het volgen van de geschetste onderzoeksstappen kan een synchromodaal transportnetwerk worden ontwikkeld waardoor transport betrouwbaarder, sneller, goedkoper en flexibeler wordt. De uitdaging is om methoden te vinden die de verschillende puzzelstukken zoals economische overwegingen, wiskundige technieken, beschikbaarheid van data en wensen van klanten, op de juiste manier met elkaar verbinden.

Ik heb gezegd.

Dankwoord

Als eerste dank ik het College van Bestuur, de Rector Magnificus van deze universiteit en het bestuur van de faculteit Economie en Bedrijfskunde voor het in mij gestelde vertrouwen. De collega's van de afdeling Operations bedank ik voor het hartelijk welkom en de manier waarop ik gelijk in de groep ben opgenomen. Ik kijk uit naar een mooie samenwerking in een afdeling die alle facetten van kennis en talent op het gebied van alle delen van de distributieketen en onderzoeksmethodologie in zich verenigt. Een endowment van Groningen Seaports stelt me in de gelegenheid om de komende 5 jaar een AiO en post-docs aan te stellen om te werken aan het onderzoek naar synchromodale netwerken. Ik dank de directie van Groningen Seaports voor deze kans zodat ik na samenwerking met de havens van Rotterdam en Amsterdam, nu ook aan deze kant van het land mijn lijn van onderzoek door kan zetten. De gesprekken met René Genee en Marjolein Zwerver vormden naast een mooie blik op toekomstige uitdagingen ook gelijk een goede introductie in de regio van Nederland waar we nu wonen. Marjolein Nieboer, Jan Feringa en anderen van de Universiteitsbibliotheek van de RuG, dank ik voor het vertrouwen en de leuke samenwerking die gelijk in mijn eerste werkweek in Groningen is gestart en heeft geresulteerd in de financiering van een post-doc positie.

Van 2002-2011 heb ik met zeer veel plezier aan de faculteit Economie en Bedrijfskunde van de Vrije Universiteit Amsterdam gewerkt, eerst als universitair docent en daarna als universitair hoofddocent. Via deze weg dank ik Ad van Goor en het faculteitsbestuur voor alle kansen en mogelijkheden die ik heb gekregen om "groot te groeien" in de academische wereld. Een kamer delen is als onderzoeker niet ideaal, maar ik kijk met plezier terug op de goede en gezellige gesprekken die Ad en ik hebben gevoerd in kamer 3A-31. Vanaf 2002 werd de groep logistiek elk jaar wat groter en met veel plezier verwelkomden we de nieuwe collega's en ontstond een hechte groep. Ad van Goor, Lorike Hagdorn-Van der Meijden, Sander de Leeuw en Karin de Smidt-Destombes, dank ik voor de fijne manier waarop we met elkaar aan alle zaken op het gebied van onderwijs en onderzoek hebben gewerkt. En ik hoop

nog regelmatig "op het nest terug te keren" om nieuwe projecten te starten. Ik heb naast de reeds genoemde collega's met vele anderen plezierig samengewerkt. Een aantal van hen noem ik graag bij naam: Caren van Egten, Ruud Frambach, Jaap Boter, Ger Koole, Astrid Wijga, Jerry van Leeuwen, Guus Holtgreffe, Svetlana Khapova, Hester van Herk, Frank Derksen, Rob de Crom, Frans Feldberg, Jose Frijns en Jan Maarten Pauw.

Ik vind het een uitdaging en voorrecht om betrokken te zijn bij het adviseren en opleiden van talentvolle onderzoekers en afstudeerders. Met zeer veel plezier was en ben ik betrokken bij het begeleiden van de AiO-projecten van Marco Bijvank (gepromoveerd in 2009), Roel van Anholt en Susanne Wruck. Het contact met afgestudeerden probeer ik aan te houden. Linked-in als onderdeel van social media activiteiten is daarvoor een belangrijke verbindende schakel.

In de afgelopen jaren heb ik met veel bedrijven en non-profit instellingen interessante projecten uitgevoerd. Bedrijfsbezoeken zorgen voor inspiratie en veel nieuwe onderzoeksideeën. Ook de kansen om daadwerkelijk ideeën te valideren zowel binnen cases als afstudeerprojecten, grijp ik met beide handen aan. Ik juich het bij elkaar brengen van bedrijven en onderzoekers toe via Dinalog en de topsectoren, en vooral ook via een kopje koffie op zomaar een willekeurige plaats.

René de Koster en Rommert Dekker, mijn beide promotoren, dank ik voor de gelegenheid die zij mij hebben geboden om mijn wetenschappelijke carrière te starten en hun continue stimulans om zelfstandig onderzoek te verrichten en met andere onderzoekers projecten te starten. De continue drang om praktisch en theoretisch interessant onderzoek te verrichten is ontstaan tijdens het uitvoeren van mijn afstudeeronderzoek naar kasvoorraadbeheer bij banken onder begeleiding van Lodewijk Kallenberg en Marc Salomon.

Parallel aan een werkzaam leven loopt een privé leven. Ik heb het geluk vele lieve vrienden en familie te hebben die zorgen voor ontspanning en gezelligheid. Anke, Sandra, en Sandra, dank ik voor alle tradities die zijn ontstaan. Alhoewel we na middelbare school en studies in het midden, zuiden, oosten en noorden van Nederland zijn beland, vind ik het fantastisch dat we vasthouden aan ons jaarlijkse weekendje weg en het vieren van Sinterklaas. Liduine, Marco, Kim, Nienke, Julian en Frédérique dank ik voor een fijne vriendschap en voor de benodigde ontspanning in het leven, zomaar op een zaterdag of tijdens een vakantie in de bergen.

Ewout, je bent een geweldige broer en vriend. Mijn ouders dank ik voor hun onvoorwaardelijke steun, belangstelling en kansen die ze mij hebben geboden om me te ontwikkelen. Kees Jan, ons leven kent vele bijzondere en mooie momenten samen. Ik dank je voor al je liefde, aandacht en steun.