



Vakmanschap is meesterschap; *onderzoek, ontwerp, ontwikkeling en ondernemerschap in de maakindustrie*

Productie- en Procesinnovatie

ISBN/EAN: 978-90-813771-6-4

Titel: Vakmanschap is meesterschap; onderzoek, ontwerp,
ontwikkeling en ondernemerschap in de maakindustrie
lectorale rede, 1e druk, juni 2010

Auteur: dr. ir. Bart Meijer

Uitgever: Saxion, Kenniscentrum Design en Technologie

Lectorale Rede Bart Meijer

Kom verder. Saxion.

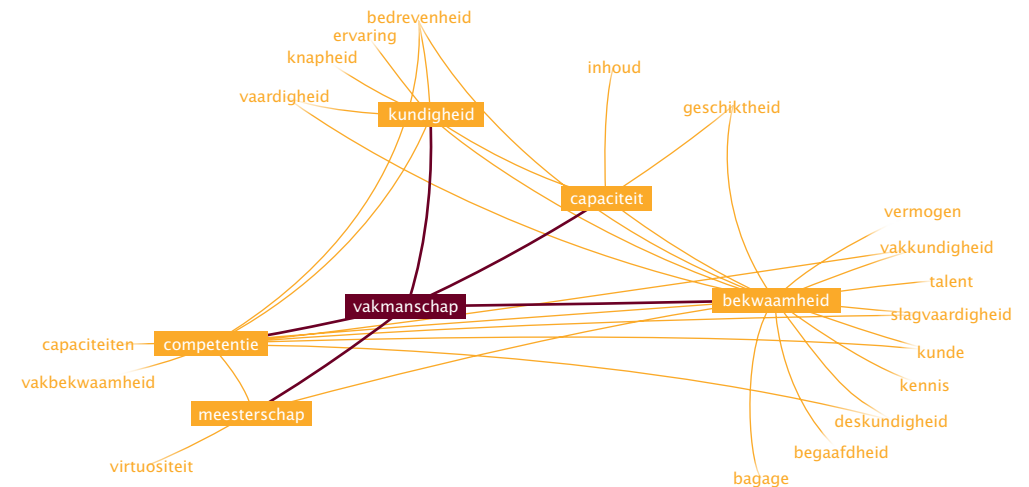
Inhoud

Inleiding	3
I De maakindustrie in Oost-Nederland	5
De Twente Index	5
II Het hbo en de maakindustrie	9
▪ Toename van het aantal hoger opgeleiden in het MKB	9
▪ Imago	12
▪ Het ingenieursvak en de technische opleidingen	13
▪ Vakmanschap in onderwijs en het opleiden van professionals	14
▪ Relatie onderzoek-onderwijs in het hbo	16
III Leerprocessen en onderzoek; experimenten en uitdagingen	19
▪ Open innovatie	19
▪ Reinforcement learning en productie fysica	21
▪ Lean management	24
Dankwoord	26
Literatuur	27

Inleiding

Wat is vakmanschap eigenlijk? Van een vakman verwachten wij in de eerste plaats een stuk betrouwbaarheid; een goed stuk werk binnen een redelijke tijd, tegen een goede prijs. De maakindustrie kan niet zonder vakmanschap. Vakmanschap is nodig voor verkoop, voor ontwerp en constructie, voor inkoop en materialen, voor het maken, voor de service en laten we vooral de ondernemer niet vergeten. Hij is de vakman die ervoor zorgt dat de onderneming bestaansrecht heeft en dat alle 'stakeholders', waaronder klanten en werknemers meer dan tevreden zijn.

Een 'mindmap' van het begrip vakmanschap en verwante begrippen toont dat vakmanschap zowel objectiveerbare als subjectieve aspecten omvat. In de kennisleer spreekt men over tastbare en niet-tastbare kennis. Tastbare kennis is kennis die efficiënt in boeken opgeschreven kan worden en waarvan de overdracht in principe ook zonder tussenkomst van een leraar of meester kan plaatsvinden. Niet-tastbare kennis daarentegen is primair gebonden aan een mens als kennisdrager en kan alleen worden overgedragen door gedeelde ervaring, meestal in de vorm van een jarenlange meester-gezel relatie.



Figuur 1:
Mindmap vakmanschap
bron: www.synoniemen.net [1]

De ontwikkeling van zogenaamde serious games en simulaties ten behoeve van opleiding en training werpt overigens nieuw licht op dit kennisonderscheid. Het blijkt steeds beter mogelijk het gedrag van de vakman en impliciet dus ook de kennis en ervaring, te vangen in zogenaamde serious games. Mits voorzien van een geschikte reeks missions (een leerprogramma) blijkt zo'n serious game een effectieve vervanging voor delen van de meester-gezel training. Vlucht- en racesimulatoren vormen een steeds groter deel van de training van piloten en coureurs. Crisis- en commandoteams worden getraind met serious games, maar ook voor de consument komen dit soort games steeds dichterbij, getuige de successen van Nintendo met Wii-Fit en Braintrainer.



Foto 1:
Serious Games, Nintendo DS en Wii



Ten aanzien van het leren blijkt de getoonde mindmap van het vakmanschap eigenlijk nog niet compleet. Zo kan de combinatie van slagvaardigheid met bedrevenheid ook worden uitgelegd als gedrevenheid. Die eigenschap is nodig om door ervaring te leren en het vakmanschap verder te ontwikkelen.

Ondernemers en technische vakmensen zijn vaak gedreven. Problemen zijn uitdagingen die hen niet los laten. Richard Bach schreef in zijn boek 'Illusions' [2], "There is no such thing as a problem without a gift for you in its hands, we seek problems because we need their gifts".

Uitdagingen zijn de sleutel tot het ontwikkelen van vakmanschap. Het leren van ervaring gaat met vallen en opstaan. De fouten, oftewel het vallen, maakt deel uit van het leerproces.

In zijn boek 'Good to Great', beschrijft Jim Collins de kenmerken van een bedrijfscultuur die maakt dat sommige bedrijven al meer dan 30 jaar significant beter presteren dan hun concurrenten. Eén van die factoren gaat over het onder ogen zien van de feiten en desondanks blijven geloven in succes. 'Good to great-bedrijven' zijn gedreven en hebben een cultuur die enerzijds door open discussie fouten probeert te voorkomen, maar anderzijds ook bereid is te leren van die fouten [3].

De Twente Index

Nijverheid is in Twente goed voor bijna 25 procent van de werkgelegenheid. Binnen nijverheid zijn het cluster Bouw en het cluster Materialen en High Tech Systemen de belangrijkste werkgevers. Binnen Materialen en High Tech Systemen hebben 97 procent van de bedrijven minder dan 100 werknemers; echt MKB dus. Er is echter ook een aantal grote bedrijven. De drie procent met meer dan 100 werknemers is goed voor bijna de helft van de werkgelegenheid in de sector [4].

Over de innovatiekracht van het MKB bestaat een nogal duaal beeld. Enerzijds wordt beweerd dat grote bedrijven te bureaucratisch en te log zijn om te innoveren. Grote bedrijven kopen ook regelmatig innovaties in door het overnemen van veelbelovende MKB-bedrijven. Innovaties komen dus vaak voort uit het kleinere en meer flexibel opererende MKB. Anderzijds bestaat het beeld dat het MKB weinig tot niets doet aan ontwikkeling en innovatie. Dit beeld is meestal gebaseerd op het afmeten van innovatiekracht aan aantal octrooien of het benutten van fiscale instrumenten als de WBSO (= Wet Bevordering Speur- en Ontwikkelingswerk).

Er zullen zeker specifieke voorbeelden zijn die beide beelden bevestigen. Echter,

in het woord specifiek zit ook meteen het probleem met deze beeldvorming rond innovatie. Een innovatie is een duurzame en succesvolle verandering in het ondernemingsmodel. Hieraan kan een nieuw product ten grondslag liggen, maar ook een nieuwe wijze van produceren, distribueren, verkopen of innovatieve marketing. Het begrip innovatie is veel breder dan de fysiek-technische scope van de WBSO-regeling. Zoals een verkregen octrooi geen garantiecertificaat voor innovatie is, zo vinden er ook vele innovaties plaats zonder octrooien. Of octrooien zinvol zijn voor het MKB is ook een belangrijke vraag, waarop ik later nog terug zal komen.

Voor het begrijpen en herkennen van innovaties moet er altijd gekeken worden naar een specifiek bedrijf met specifieke klanten in een specifieke markt. Past het product bij de klanten die ik voor ogen heb? Willen die het kopen, tegen welke prijs en onder welke voorwaarden? Ben ik met dat product onderscheidend ten opzichte van mijn concurrenten en ken ik mijn concurrenten wel goed genoeg? Beschik ik over voldoende kennis en ervaring om het product met een ruime marge te kunnen maken en leveren? Voor product mag u overigens ook dienst of een combinatie van beide lezen. De antwoorden op deze vragen zijn alle omgeven met onzekerheid. De antwoorden en

hun onzekerheid is bovendien het resultaat van diverse eerder gemaakte keuzes; keuzes die ook gewijzigd kunnen worden. Innovatie lijkt op het tegelijkertijd maken en ontwerpen van een puzzel. De wijze waarop die onzekerheden onderkend en afgehandeld worden is kenmerkend voor het vakmanschap van de ondernemer/innovator en bepaalt ook het succes van de puzzel.

Dat MKB-bedrijven zeker innovatief zijn werd voor mijzelf nog eens bevestigd op een bijeenkomst van het Technologie Platform Noord West Veluwe, dit voorjaar. Op die bijeenkomst presenteerden negen MKB-bedrijven hoe zij hun 'overcapaciteit' door de zwakke orderportefeuille van 2009 hebben benut om een aantal nieuwe producten te ontwikkelen, hun bedrijf daarop aan te passen en hoe zij daarvan inmiddels de vruchten plukken.

In welke richting moet de maakindustrie zich ontwikkelen? Reeds in de jaren '80 maakte mijn oud-collega bij de TU-Delft, Cees Luttervelt, het onderscheid tussen een technologiefabriek, een snelheidsfabriek en een kostenfabriek. De eerste kan bijna alles maken, de tweede is gespecialiseerd in korte levertijden, de laatste levert voor de laagste prijs. De boodschap was; je kan niet alle drie zijn. Er moet gekozen worden.

De toekomst van de maakindustrie in West-Europa en ook in Twente zit in het leveren van producten met een hoge toegevoegde waarde. Dit zijn zonder uitzondering technologie en/of snelheidsbedrijven. De echte uitblinkers zijn waarschijnlijk beide. Deze bedrijven hebben hun logistiek zodanig op orde dat zij niet alleen snel kunnen leveren, maar ook in staat zijn te opereren op de grenzen van wat technologisch mogelijk is. Gedreven vakmensen zijn in die markt de sleutel tot succes, maar dat is nog niet voldoende.

Pure maakbedrijven opereren aan het begin van een waardeketen. De onderdelen die zij maken vinden hun weg naar diverse toepassingen in met name industriële producten, zoals machines en andere kapitaalgoederen. Ook bij hoogwaardige onderdelen staan de marges regelmatig onder druk. Bovendien is de invloed van deze bedrijven op het ontwerp (te) gering. Ontwerpers en constructeurs ver buiten het zicht van de maakbedrijven kiezen vaak oplossingen die onnodig duur zijn en die mede daarom bij de volgende versie alweer gewijzigd worden. De maakindustrie zal dichter op de eindgebruikers moeten opereren om voor zichzelf en voor die klanten te komen tot een sterkere waardeketen. Dit zogenaamde opschuiven in de keten gebeurt echter niet vanzelf. Alléén bedrijven die zich voldoende onderscheiden krijgen de

kans om op te schuiven in de keten in de richting van een gezamenlijke ontwerp/maakverantwoordelijkheid. Die bedrijven kunnen zich op termijn ook ontwikkelen tot regionale ketenregie bedrijven. Dat wil zeggen, behalve dat zij hun eigen positie verbeteren, ontstaan er ook nieuwe kansen voor andere maakbedrijven door zich op te werpen als toeleverancier voor deze regionale ketenregie bedrijven.

Deze bedrijfskundige innovatie is het VALOTOP-concept, waarmee Dirk Zijlstra van Kennispark Twente in samenwerking met STODT en Saxion probeert de high tech systemen- en materialenpositie van deze regio beter te verankeren in de richting van de eindgebruikers.

Toename van het aantal hoger opgeleiden in het MKB

De kenniseconomie gaat niet voorbij aan het MKB. De verschuiving van de vraag naar producten en diensten met een hogere toegevoegde waarde laat zich ook vertalen in een verschuiving van de werkzaamheden in de maakindustrie. De man áán de machine verandert in de man mèt zijn machines. De werkzaamheden verschuiven van het programmeren en maken van één of meer identieke werkstukken op één machine, naar de werkvoorbereiding, programmering en planning van verschillende werkstukken op een groep van machines. Dit werk vindt hoofdzakelijk overdag plaats, maar de machines werken 24 uur per dag, zeven dagen per week.

Het programmeren aan de machine is vervangen door het programmeren van de machine met CAD/CAM-softwarepakketten, waarmee ook meerdere machines aan het werk gehouden kunnen worden. Naast productietechnisch worden de werkzaamheden ook logistiek-organisatorisch. De diversiteit aan bewerkingen neemt toe. Met multifunctionele bewerkingscentra worden zowel draai- als freesbewerkingen uitgevoerd in één opspanning. Het laden en lossen van zowel gereedschappen, als werkstukken vindt plaats met robots. Onder de gereedschappen bevindt zich vaak ook een meettaster voor het uitvoeren van controlemetingen. De man met zijn machines is niet langer draai- of frezer, hij of zij is allebei en soms staat er ook nog een slijpmachine in de cel.



Foto 2:
Hermle bewerkingscel van STODT (bron: STODT)

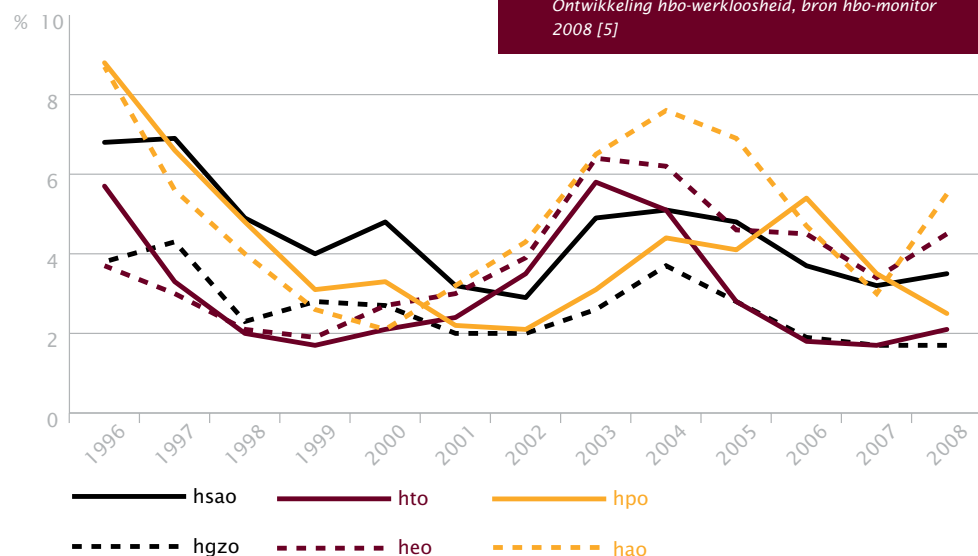
De verschuiving van werkzaamheden aan de machine naar de programmering/werkvoorbereiding van de machine maakt ook dat delen van de niet tastbare vakken-nis expliciet moeten worden. Onbewust uitgevoerde routines aan de machine moeten vervangen worden door bewuste programmeregels in de NC-besturing. Met de kleiner wordende serie en korte levertijd neemt ook het aantal opdrachten voor de werkvoorbereider en programmeur toe. Niet meer de machines, maar deze multi-inzetbare vakmensen zijn de sleutel tot succes.

Hoewel iedereen het eens lijkt te zijn over deze trend naar een hoger opleidingsniveau van de medewerkers in de maakindustrie zijn er weinig directe cijfers te vinden die dit laten zien. Onder de aanname

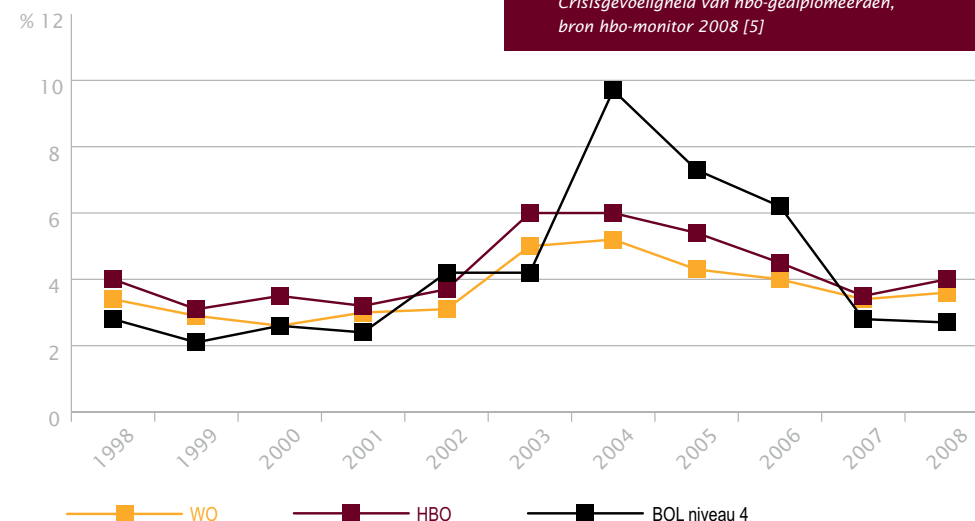
dat algemene arbeidsmarktindicatoren voor het hbo ook van toepassing zijn op de rol van het hbo in de MKB-maakindustrie zijn er wel indicatoren die in deze richting wijzen. De hbo-monitor 2008 toont dat de hbo-werkloosheidscijfers voor techniek en gezondheidszorg zeer laag zijn. Bovendien blijkt dat afgestudeerden in het hbo, direct na hun opleiding, ook in tijden van crisis sneller een baan vinden dan bijvoorbeeld mbo-ers op BOL-niveau 4.

Deze trend wordt ook bevestigd door de toegenomen vraag van de maakindustrie naar het aanbieden van Associate Degree-trajecten voor getalenteerde medewerkers met een BOL-niveau 4 opleiding. Deze vraag is niet alleen een vraag; de maakindustrie blijkt ook te willen investeren en participeren in een dergelijke opleiding.

Figuur 2:
Ontwikkeling hbo-werkloosheid, bron hbo-monitor 2008 [5]



Figuur 3:
Crisisgevoeligheid van hbo-geplomeerden,
bron hbo-monitor 2008 [5]



Er is wel 'een maar', bij het interpreteren van deze cijfers. De lage werkloosheid in de sector techniek is niet noodzakelijk alleen het gevolg van de toegenomen vraag naar hoger opgeleiden. Een te lage instroom van studenten en een laag studierendement kunnen eveneens oorzaken zijn van de lage werkloosheid. Hoe uitdagend een baan in de maakindustrie ook kan zijn, het imago van de maakindustrie moet positief zijn om voldoende studenten te bewegen techniek te gaan studeren.



Foto 3:
Imago Industrie (bron stock.xhng)

Imago

Illustratief voor het imago van de maakindustrie is de volgende ervaring. Voor deze lectorale rede was ik op zoek naar interessant fotomateriaal over de maakindustrie. Mogelijke bronnen hiervoor zijn: Google Pictures, maar dan zijn de rechten niet geregeld, of stock.xhng voor zogenaamde stock-foto's en dan zijn de rechten wel geregeld. Opvallend is dat de categorie 'industrie' bij stock.xhng gedomineerd wordt door op zich fotogenieke stoommachines, vervallen fabriekscomplexen, roestige schepen, rokende of wasemende elektriciteitscentrales en hoogspanningsschakelstations. Het probleem met deze beelden is dat ze richting jongeren primair uitstralen dat industrie en techniek oud, groot, zwaar en

vies zijn. Kortom, de fotografen die deze beelden aanleveren zijn primair bezig met grafisch mooie plaatjes maken, niet met het aanleveren van een collectie waarmee diverse gebruikers een boodschap kunnen overbrengen. De hightech- en fijnmechanische industrie zijn nauwelijks te vinden in deze collectie.



Het ingenieursvak en de technische opleidingen

Ingenieurs worden vaak genoemd als bron van kennis voor innovaties. Daarbij wordt vaak alleen gedacht aan technische kennis. Het probleem met die naar mijn inzicht te nauwe opvatting van het belang van ingenieurswerk is vergelijkbaar met de problemen die reeds zijn geschetst als gevolg van een te grote afstand tussen ontwerpen/construeren en maken van kapitaalgoederen. Het is een bekend gegeven dat in de conceptuele fase van een ontwerp misschien maar een paar procent van de totale ontwikkelkosten worden uitgegeven, maar dat met die keuzes ook 80% van de uiteindelijke productiekosten worden vastgelegd. Ingenieurs die zich daarvan bewust zijn maken waarschijnlijk andere keuzes. Dit probleem is niet nieuw. Reeds in 1943 formuleerde Vannevar Bush, de science advisor van president Roosevelt van de Verenigde Staten de volgende definitie van het werk van een ingenieur:

"The engineer is not primarily a physicist, or a businessman (or businesswoman), or an inventor, but someone who would acquire some of the skills and knowledge of each of these and be capable of successfully developing and applying new devices on a grand scaleThe engineer is both a scientist and a businessman (or businesswoman). Engineering is a

scientific profession, yet the test of the engineer's work lies not in the laboratory, but in the marketplace."

Ook anno 2010 is deze omschrijving nog steeds geldig. Ik pleit er dan ook voor om in alle ingenieursopleidingen voldoende aandacht te schenken aan de bedrijfseconomische aspecten van techniek. In ieder vak zou aandacht moeten zijn voor de waarde en kosten van technische oplossingen. Die toevoeging maakt ingenieurs effectiever in innovaties en het draagt ook bij aan het ontwikkelen van ondernemersvaardigheden. Die vaardigheden komen niet alleen ten goede aan ingenieurs die zelf een bedrijf beginnen. Ondernemersvaardigheden bij ingenieurs renderen zeker ook in bestaande bedrijven die innoveren.

Vakmanschap in onderwijs en het opleiden van professionals

De Bologna-verklaring van juni 1999 is een afspraak tussen 29 Europese landen om hun stelsels van hoger onderwijs te hervormen. Het doel is om te komen tot een gemeenschappelijk en open Europees hoger onderwijs met onderling vergelijkbare graden en erkende diploma's.

Eén van de consequenties van deze verklaring is de opsplitsing van het hoger onderwijs in twee fasen: een 'undergraduate' fase, ook wel de bacheloropleiding genoemd en een 'graduate' fase, ook wel de masteropleiding genoemd. Het niveauverschil tussen de masteropleiding en de bacheloropleiding is vastgelegd door middel van de zogenaamde Dublin-descriptoren. De Dublin-descriptoren zijn normstellend ten aanzien van wat er van een bachelor of een master mag worden verwacht op de gebieden 'kennis en inzicht', 'toepassen van kennis en inzicht', 'oordeelsvorming' en 'communicatie en leervaardigheden'.

In deze Dublin-descriptoren wordt geen onderscheid gemaakt tussen een hbo-bachelor en een universitaire bachelor. Er is maar één bachelorniveau en dat niveau biedt toegang tot masteropleidingen.

Toch hebben we dit onderscheid in Nederland wel en ik onderken ook dat er op dit moment zeker sprake is van een niveauverschil. Dit niveauverschil laat zich

niet vangen in de Dublin-descriptoren, maar komt wel tot uiting in het niveau van de kennis van wis- en natuurkunde, mechanica en bijvoorbeeld systeem- en regeltheorie en in de probleemoplosvaardigheden. Dit verschil wordt mogelijk veroorzaakt door het vasthouden aan verschillende doelstellingen. De universitaire bachelor is vooral een pre-master kwalificatie, die de Dublin-descriptoren overstijgt. De hbo-bachelor is vooral een arbeidskwalificatie, die ongeveer een half jaar theoretische vorming mist ten opzichte van het universitaire curriculum.

Door een vol jaar stage plus afstuderen in de praktijk, wordt de aansluiting van het hbo op de arbeidsmarkt als goed ervaren. Toch doen de bedrijven zichzelf eigenlijk tekort met die lange stage die deels ten koste gaat van de theoretische vorming. De uitdagingen van de MKB-maakindustrie zijn niet beperkt tot die problemen die met hbo wis- en natuurkunde oplosbaar zijn. De door de praktijk gevraagde probleemoplosvaardigheden zijn uiteindelijk dezelfde.

Het vakmanschap van docenten gaat over het bedenken en uitvoeren van efficiënte en effectieve oefeningen, waarmee de student niet alleen de tastbare boekenkennis tot zich neemt, maar ook de probleemaanpak en de attitude die noodzakelijk is om een gedreven vakman te kunnen worden. Helaas zijn niet

alle studenten gelijk. Hun talenten zijn verschillend en vooral het hbo wordt geconfronteerd met een grote diversiteit aan studenten, van wie de achtergrond varieert van een gedreven vakman uit het mbo tot de nog speelse hivist, of moet ik zeggen luie vwo-er. Maatwerk is nodig en vraagt dus veel van het vakmanschap van de docent. De veel grotere diversiteit aan studenten maakt ook dat lesgeven aan een hbo-instelling lastiger is dan aan een universiteit.

Eén ding is echter voor beide soorten onderwijs gelijk: het ontwikkelen van gedreven vakmensen vraagt ook om gedreven docenten die hun studenten blijven uitdagen en die ook bereid zijn zichzelf kwetsbaar op te stellen door in de klas uitdagingen aan te pakken waarvoor zij het antwoord nog niet 100% klaar hebben. Dat zijn de momenten waarop de probleemaanpak goed onderwezen kan worden.

Het afstemmen van deze uitdagingen op het gemiddeld aanwezig geachte talent is dan ook uit den boze. Als docent kun je daar nauwelijks enthousiast over worden, lijkt mij en dat straalt je dan ook uit. Voor de doorstroomcijfers is het uiteindelijk ook niet goed. De betere studenten gaan zich vervelen en presteren onder hun kunnen. De minder getalenteerde studenten krijgen te snel het gevoel dat een voldoende binnen bereik ligt stellen hun studie-inspanningen neerwaarts bij.

Op termijn is een hbo met twee eindkwalificaties de beste oplossing: de hbo-bachelor die zondermeer toegang geeft tot universitaire masterstudies en die bovendien beschikt over een arbeidskwalificatie en de zogenaamde hbo-Associate Degree, die dan niet alleen openstaat voor mbo-professionals met ervaring, maar die ook aansluit bij de uitdagingen die binnen het bereik liggen van de hbo-studenten die de zwaardere theoriekant van de hbo-bachelor niet aankunnen. De eindtermen van het bachelorniveau dienen uiteraard in overeenstemming met de universiteiten bepaald te worden. In die situatie kan het hbo bovendien een opleiding aanbieden ten behoeve van de arbeidskwalificatie voor universiteitsstudenten die met de harde knip niet door kunnen voor hun masterdiploma.

**Relatie onderzoek-onderwijs
in het hbo, of.... wie het
onderwijs niet eert is het
onderzoek niet waard**

Deze stelling heb ik bij mijn promotie aan de TU-Delft in 2006 geponeerd als een reactie op de klaagzang van hoogleraren over de gebrekkige kennis en beperkte inzetbaarheid van masterstudenten bij hun onderzoek. Opvallend was dat een belangrijk deel van deze klagers maar een zeer beperkte tot geen bijdrage leverde aan het bacheloronderwijs. Ik zag en zie die bijdrage als een noodzakelijke investering. Zonder die investering mag je alleen hopen op het toevallig passeren van uitzonderlijke talenten die zich ontwikkelen ondanks het onderwijs.

Op het hbo is het mijns inziens niet anders en dat betekent dat lectoren zich ook actief moeten bezighouden met de programmering en deels ook uitvoering van het onderwijs.

Er was nog een argument voor deze stelling. Net als dat, tot 1985, bij de technische hogescholen het geval was, heeft praktijkgericht onderzoek bij het hbo primair tot doel de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden bij de hbo-ingenieur.

Het hbo-raad rapport 'Kwaliteit als Opdracht' verwoordt het als volgt [6]:

"Praktijkgericht onderzoek aan de hogescholen is als een mes dat aan twee

kanten snijdt: het genereert impulsen voor kwalitatief hoogwaardig onderwijs en het levert een bijdrage aan kennis-circulatie tussen hogeschool en praktijk. Dat laatste geschiedt zowel door afgestudeerden beter voor te bereiden op een wereld waarin ontwikkelen en toepassen steeds dichterbij elkaar komen te staan, als door onderzoek van hogescholen dat concreet toepasbare resultaten genereert voor bedrijven en instellingen."

Ook bij het ontwikkelen van die resultaten is de student niet alleen de ontwikkelaar, maar vaak ook de belangrijkste kennisdrager die de resultaten implementeert.

Organisatorisch heeft deze stelling ook consequenties. Onderzoek versterkt het onderwijs en onderwijs is de investering die beter onderzoek mogelijk maakt.

De huidige waterscheiding tussen de academies (onderwijs) en de kenniscentra (onderzoek) met alleen de directeuren als 'rainmaker' op de bergrug zal op termijn niet houdbaar blijken. Natuurlijk graven docenten en lectoren tunnels door de bergrug om elkaar te ontmoeten zonder tussenkomst van directeuren en dat moeten zij....wij vooral ook blijven doen. Echter, de eigenschap van deze tunnels is dat ze te droog zijn. Het zo noodzakelijke regenwater voor een vruchtbare samenwerking loopt slechts aan weerskanten van de berg naar beneden.

Foto 4:
De bergrug als waterscheiding
(bron stock.xchng)



De noodzakelijke verwevenheid van onderwijs en onderzoek maakt intensieve samenwerking en een gezamenlijke planning noodzakelijk. Kenniscentra worden de nieuwe kweektuinen voor multidisciplinair, academieverstijgend onderzoek en ontwikkelingswerk. In deze kenniscentra is niet alleen plaats voor afstudeerders en stagiairs, maar ook voor praktikanen van verschillende opleidingen die in het kader van een vak werken aan projecten die samen met de industrie worden opgezet. Een uniform jaarplan voor de Saxion-opleidingen met daarin vaste slots voor projecten in ieder opleidingsjaar is de noodzakelijke randvoorwaarde voor die multidisciplinariteit.

Deze uitbreiding van de samenwerkingsmogelijkheden tussen onderwijs en onderzoek maken het ook eenvoudiger om te schakelen tussen de capaciteitsvraag van onderwijs en onderzoek. Ook kan op deze wijze een belangrijke stap in de richting van opschaling van het effect van lectoraten gezet worden, zoals ook in de eindevaluatie van de SKO-regeling werd aanbevolen [7].

In termen van de geschetste metafoor betekent dit: onderwijs en onderzoek leven in één ecosysteem. Dat systeem bevindt zich noodzakelijkerwijs op dezelfde helling en de beste gronden zijn natuurlijk beneden in het dal.

Zoals geschetst, de uitdagingen voor de maakindustrie liggen in het voortdurend verbeteren van hun productiviteit door het leveren van producten en diensten met een hoge toegevoegde waarde. Die hoge toegevoegde waarde is alleen mogelijk als de interne processen effectief en efficiënt zijn en als de klantwaarde gebaseerd is op unieke kwaliteiten, waarvoor die klant niet makkelijk een andere leverancier zal vinden. Die waarde kan in technologie en know-how zitten (niemand anders kan het), maar ook in snelheid en nabijheid; uitstekende service en flexibiliteit.

Om die klantwaarde te kunnen blijven leveren is het ook noodzakelijk dat de maakindustrie niet te ver van de decision making unit (DMU) in de keten zit. Bij een positie als 'third-tier', of lager is de binding met de DMU te zwak om bijvoorbeeld ontwerpinvloed te hebben om zo de toegevoegde waarde te kunnen handhaven. Opschuiven in de keten en/of samenwerkingsverbanden aangaan waarmee een 'first- of second-tier' of zelfs DMU-positie gekregen kan worden is dus noodzakelijk. Dit is het al genoemde VALOTOP-concept. Deze innovatie van bedrijfsprocessen wordt mede gedreven door ontwikkelingen en inzichten op het gebied van open innovatie.

Open innovatie

Vanuit het lectoraat Productie- en Procesinnovatie is in samenwerking met het lectoraat Kennisintensief Ondernemerschap (Han van der Meer) en de academie Financiën, Economie & Management (FEM) een promotieonderzoek gestart naar businessmodellen voor open innovatie in het MKB.

Kennis delen voor innovatie maakt innovaties beter en goedkoper. Onder de vlag van open innovatie maken grote bedrijven in toenemende mate gebruik van elkaars IPR (octrooien) en openen zij steeds meer hun deuren voor derden om deel te nemen aan interne en gezamenlijke R&D-projecten. De exploitatie van IPR is het uitgangspunt voor de verdeling van de opbrengsten [8]. Echter, het verkrijgen van IPR is duur en beschermen ervan nog duurder. Bescherming van kennisposities door IPR is gebaseerd op marktmacht en die is bij het MKB lang niet altijd aanwezig.

Dat maakt deelname door het midden- en kleinbedrijf aan open innovatie een stuk minder vanzelfsprekend. Dat is jammer, want er zijn ook voor het MKB zeker kansen om door samenwerking sneller, beter en goedkoper te innoveren.

In dit onderzoek naar open innovatie geldt het MKB-perspectief als uitgangspunt en

wordt onderzocht welke businessmodellen en mogelijkheden voor samenwerking en kennisbescherming effectief en efficiënt zijn in het innoveren in netwerken door het MKB.

Succesvol waarde halen uit netwerken vraagt:

- Zelfbewustzijn van de mogelijkheden en onmogelijkheden van het eigen businessmodel en de eigen positie.
- Inzicht in de andere netwerkpartijen en in de vraag 'Wat zijn hun businessmodellen?'.
- Communicatievaardigheden en een goede strategie om tot een 'transactie' te komen.

Het businessmodel neemt een sleutelpositie in. Een businessmodel geeft in ieder geval een antwoord op de volgende vragen:

- Hoe creëer ik waarde (wiens probleem los ik eigenlijk op)?
- Hoe krijg ik daarvoor betaald?
- Wat bied ik aan tegen welke prijs?
- Hoe en via welke kanalen verkoop ik mijn product/dienst?
- Hoe verloopt de betaling?

Ten aanzien van de verdedigbaarheid en de positionering komt daar nog de volgende vraag bij:

- Wie zijn de concurrenten en hoe houd ik die buiten de deur?

Praktijkproblemen bij innoveren in netwerken zijn onder andere het gevolg van:

- Onvoldoende inzicht in de positie van anderen.
- Het niet kunnen beantwoorden van de vraag 'Hoe krijg ik daarvoor betaald?'.
- Geen effectieve strategie om in een netwerk het eigen businessmodel te effectueren.

De resultaten van dit onderzoek moeten niet alleen verklarend zijn, maar de ondernemer ook echt helpen bij het ontwikkelen van een betere strategie voor het innoveren in netwerken.

De promovendus die dit onderzoek gaat uitvoeren is Koos Held, ingenieur in de werktuigbouwkunde, doctorandus in de bedrijfseconomie en tot voor kort ook directeur/eigenaar van een metaalbedrijf en docent bij de academie FEM. Kortom, hij is de meest geschikte kandidaat die je kunt vinden voor een dergelijk onderzoek. Promotor wordt professor Onno Omta van de Universiteit Wageningen. Omta's groep is nauw betrokken bij Food Valley en heeft veel ervaring met zowel case- of action-based onderzoek¹, als survey gebaseerd onderzoek naar open innovatie.

Reinforcement learning en productie fysica

Efficiënte bedrijfsprocessen zijn niet mogelijk zonder betrouwbare technologie. De ontwikkeling in de richting van 24/7 vraagt om machines die in staat zijn om onbemand te produceren. Het automatisch laden en lossen van werkstukken en gereedschappen, zoals al te zien in geavanceerde werkcellen. Daar hoort natuurlijk bij het tot in perfectie beheersen van de maatvoering van werkstukken en gereedschappen.

Echter, het onbemand produceren heeft nog meer consequenties. NC-besturingen hebben geen oren. NC-besturingen kunnen ook niet zien of ruiken. Nu de vakman niet meer continu in de productiehal aanwezig is, zijn ook de sensoren verdwenen waarmee de productieprocessen bewaakt werden. Het geluid van verspaning, de vorm en kleur van de spanen zijn voor de vakman aan de machine aanwijzingen voor het wel of niet correct verlopen van de bewerking. NC-bestuurde machines beschikken nog niet over die sensoren. Ook als ze deze wel zouden hebben, dan is er nog veel onderzoek nodig voor een correcte meting en interpretatie van de meetwaarden.

Onbemand produceren vraagt ook om fouttolerant gedrag van de machine. Het voorkomen van schade aan machine of product is wel het minimum. De machine moet eigenlijk met aangepaste instel-

lingen of alternatieve gereedschappen kunnen doorwerken, zodat dit werkstuk en de andere nog te maken werkstukken op tijd klaar zijn. Het huidige werkstuk weer terugzetten in de opslag is ook een optie. Deze ingrepen verschillen nogal van karakter. Het terugzetten van werkstukken is gedrag van een hogere orde. Het aanpassen van het spiltoerental is een regeltechnische ingreep. Kortom, machines moeten eigenlijk over gedrag en inzicht in verschillende scenario's beschikken. Die vorm van intelligentie komt aardig in de buurt van de intelligentie van de vakman.

Met de huidige baanbesturingen, aangevuld met programmeerbare logica voor de programma-afloop en bewaking, is deze vorm van intelligentie niet te realiseren.

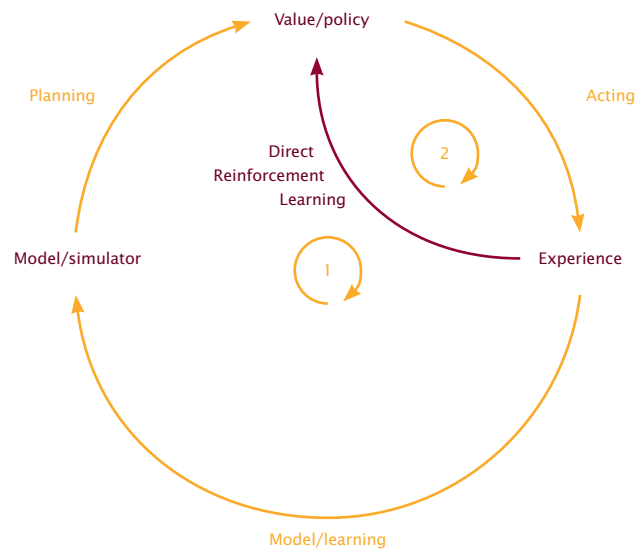
Aan diverse universiteiten is inmiddels veel werk verricht op het gebied van het besturen van processen met neurale netwerken en met het trainen van die netwerken. In een neurale netwerk worden de taakbesturing, de regeltechniek en de fysica samen gecodeerd opgeslagen. Dit netwerk is daarmee in staat tot het uitvoeren van een intelligente taak binnen de grenzen van de training van dat netwerk.

Neurale netwerken zijn in staat tot het leren, onthouden en reproduceren van gewenst gedrag. Dit leren gaat door het aanbieden van beloningen voor gewenst

¹Actionbased onderzoek sluit methodisch goed aan bij het protocol voor praktijkgericht onderzoek voor het hbo.

gedrag. Bij niet gewenst gedrag blijft de beloning achterwege. Bij herhaling van gewenst gedrag wordt dit gedrag door het opnieuw aanbieden van de beloning versterkt. Dit noemt men reinforcement learning [9]. Bij een voldoende sterk gedrag wordt de beloning niet meer gegeven en worden nieuwe doelen gesteld met nieuwe beloningen. Het netwerk probeert met random bewegingen de nieuwe taak te leren en slaagt daarin zodra de beloning weer gevonden wordt. Net als bij de mens gaat dit leren langzaam. Bij meerdere sensoren en actuatoren is de totale ruimte van de mogelijke toestanden en toestandsovergangen erg groot en voor het voorkomen van onvoorspelbaar gedrag is het wel gewenst dat

alle mogelijke toestanden doorlopen zijn. In praktijk is het bovendien niet gewenst dat alle toestanden en gedragingen die schadelijk of gevaarlijk zijn ook geprobeerd worden. De oplossing is gebruik te maken van een simulator. Door de automaat in een simulator te brengen die de fysische terugkoppelingen op het mechanisme kunnen laten werken, kunnen veilig enige miljoenen experimenten binnen een veel kortere tijd uitgevoerd worden (cycle 1). Dit is in feite ook een serious game. Het op deze wijze voldoende getrainde netwerk kan veilig in de werkelijkheid toegepast worden en het blijft dan, zij het langzamer, doorgaan met leren (cycle 2).



Figuur 4:
Reinforcement Learning [9]

In het Delft Bio Roboticslab van professor Pieter Jonker [10] is al veel werk verricht op dit gebied. De technieken van reinforcement learning zijn en worden uitgebreid toegepast in het besturen en lopen van voetballende robots. Dit lab werkt bovendien nauw samen met het nieuwe roboticalab van de Universiteit Twente. Daarmee zijn we er echter nog niet. Zonder een goed inzicht in de fysica van de productieprocessen als basis voor het bouwen van een simulatiemodel zijn we nog ver af van de vakman. Oftewel, welke oren en ogen moeten we toevoegen aan deze besturing? De meeste werktuigkundige machines zijn geconstrueerd als zware, stijve bewegingsautomaten zonder veel gevoel voor wat er werkelijk gebeurt in het contact tussen gereedschap en werkstuk. Deze kennis wordt toegevoegd door de vakman in de werkvoorbereiding. Het toepassen van reinforcement learning op een bewegingsautomaat is weinig effectief omdat de problemen die kunnen optreden buiten de waarneming vallen. De techniek heeft gelukkig niet stil gestaan. Voor draai- en freesbanken kan de energieoverdracht tussen beitelpunt en werkstuk worden waargenomen als belastingsvariaties op de aandrijving van de hoofdspil. In moderne schakelende versterkers voor de aansturing van asynchrone motoren kunnen die belastingsvariaties gemeten worden door de schakelpatronen te analyseren. Op die wijze ontstaat een vrij

nauwkeurig beeld van de efficiency van de energieoverdracht aan de beitelpunt. Veranderingen daarin zijn een aanwijzing voor materiaalproblemen, beitelslijtage of trillingen als gevolg van verkeerde instellingen in relatie tot het werkstuk. De modelvorming die hiervoor gedaan moet worden is als oude wijn in nieuwe zakken.

Al in de jaren '70 en '80 is onderzoek gedaan naar de energieoverdracht in bewerkingsprocessen. Dat onderzoek heeft echter geen directe invloed gehad op machine- en procesontwerp. De benodigde sensor- en aandrijftechniek om inline te meten en te regelen was niet voorhanden. Binnen het RAAK-MKB project Energie Prestaties in Productieprocessen zullen een aantal van deze studies opnieuw opgepakt worden met als doel inzichtelijk te krijgen hoe we de kwaliteit en beheersing van deze processen verder kunnen verbeteren en waar de beste mogelijkheden liggen om ook in de maakindustrie de energie-efficiency te verbeteren. Vooral bedrijven met veel verspaningsmachines worden in toenemende mate geconfronteerd met klimaatbeheersingsproblemen die niet onderdoen voor de problemen van grote datawarehouses.

Lean management

Effectieve bedrijfsprocessen sluiten aan op klantwaarde. Efficiënte bedrijfsprocessen zorgen ervoor dat deze klantwaarde geleverd wordt tegen zo laag mogelijke interne kosten. Lean management helpt bedrijven hun interne processen te verbeteren. De basis van lean management is het continu werken aan het voorkomen van verspillingen. Zo geformuleerd zou lean management in de genen van iedere productievakman moeten zitten. Waarom blijkt lean dan toch zo lastig? Allereerst heeft dit te maken met de definitie van verspilling. De theorie van lean management kent wel een rijtje standaard aandachtspunten, maar een goede vertaling van die aandachtspunten voor een specifiek bedrijf staat of valt met een goed begrip van klantwaarde. Die klantwaarde is de referentie voor de zogenaamde waardestromaanalyse (value stream map). Het maken een waardestromaanalyse blijkt niet eenvoudig en wordt daarom vaak niet uitgevoerd. Bovendien heeft een bedrijf vaak meer klanten met verschillende klantwaarden. Het combineren van verschillende waardestromen in één productieproces lijkt efficiënt vanuit het oogpunt van maximale benutting van beschikbaar personeel en machines, maar dat is eigenlijk de strategie van een kostenfabriek. Die aanpak vernietigt meestal de klantwaarden die te maken hebben met snelheid en flexibiliteit. Zonder waardestromaanalyse

hebben die bedrijven vaak geen idee van de plan- en regelkosten en de kosten en het kapitaalbeslag van werk onderhanden.

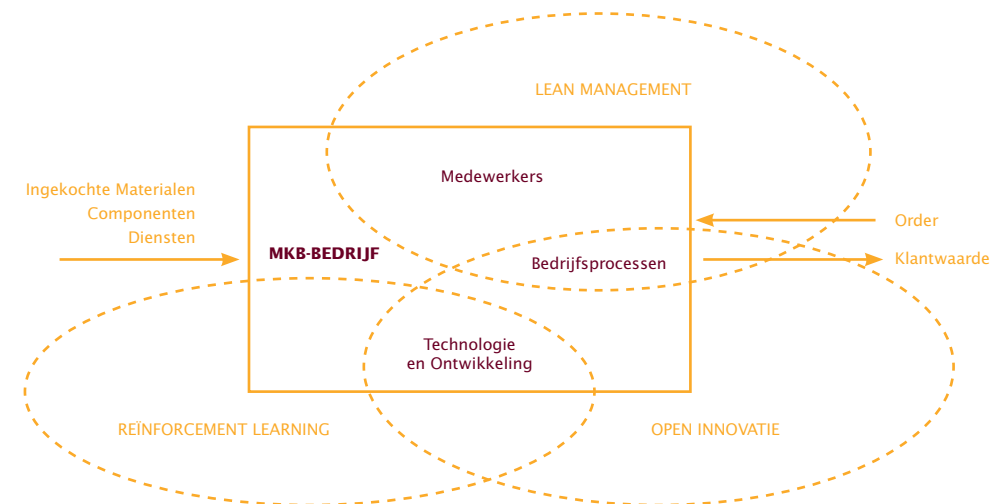
Er is nog een factor die lean management lastig maakt. Continu werken aan het voorkomen van verspilling betekent dat lean een cultuur is van continu verbeteren. Het ontwikkelen van die cultuur vraagt aandacht en tijd van het management, discipline in de werkprocessen, gedreven vakmensen die ook van elkaar willen leren en niet onbelangrijk, tijd om te leren en te verbeteren. Die zelfde cultuur is ook een noodzakelijke voorwaarde voor een succesvol technologiebedrijf.

Karsten Herr, van het lectoraat Productie- en Procesinnovatie, specialist op het gebied van lean management, werkt momenteel aan het ontwikkelen van een onderzoeksvorstel dat de volgende vragen moet beantwoorden:

- Wat zijn de leiderschaps- en motivatiefactoren die nodig zijn voor een duurzame implementatie van lean management?
- Zijn er randvoorwaarden en startcondities die noodzakelijk zijn voor de implementatie van lean management?
- Hoe ziet een lean implementatieprogramma eruit dat ook voorziet in het ontwikkelen van de leiderschaps- en motivatiefactoren die leiden tot een duurzame implementatie van lean management?

In dit onderzoek werken we samen met Maarten van Riemsdijk, lector bij Saxion op het gebied van strategisch HRM. Een zeer uitdagende bijkomstigheid van dit onderzoek is dat er waarschijnlijk interessante parallelen te vinden zijn tussen leiderschaps- en motivatiestrategieën

voor productiemedewerkers die in aanraking komen met lean manufacturing en de leerstrategieën die nodig zijn voor het trainen van besturingsnetwerken met reinforcement learning. Beide leermeesters kunnen van elkaar leren en zo hun vakmanschap verder ontwikkelen.



Figuur 5:
Onderzoek bij het lectoraat Productie- en
Procesinnovatie

Dit overzicht van de context en de plannen van het lectoraat Productie- en Procesinnovatie is het resultaat van werken in een inspirerende omgeving en veel hulp, waarvoor ik veel dank verschuldigd ben. Allereerst aan Peter van Dam en de collega's van het Manufacturing en Innovation Netwerk. Zonder hen was dit lectoraat niet ontstaan en met hen ontstaat een steeds groter netwerk van bedrijven dat betrokken raakt bij deze plannen.

Jan Voûte, bedankt voor de tip voor deze baan. Na onze samenwerking bij de TU-Delft hebben we ook hier weer een gezamenlijk project in energie en open innovatie. Ik ben zeer gelukkig met mijn collega-lectoren bij het Kenniscentrum Design en Technologie. Met Henk van Leeuwen, Wouter Teeuw en Piet Griffioen hoop ik van het kenniscentrum ook een ervaringscentrum rond reinforcement learning te kunnen bouwen. Met Ger Brinks, Karin van Beurden en Michiel Scheffer is het ook goed sparren over ontwerp, innovatie en het ontwikkelen van bedrijvenclusters.

Buiten ons kenniscentrum, maar binnen Saxion mogen Wim Gilijsse en Jan de Wit als partners bij het project Energie Prestaties in Productieprocessen zeker ook niet onvermeld blijven.

Koos en Karsten, ik hoop dat we elkaar de komende jaren kunnen blijven inspireren en dat jullie er ook een promotie uit gaan slepen.

Ivanka Ruitkamp en Suzanne van de Groep, dank voor jullie ondersteuning bij het organiseren van dit evenement; het bedrijfsbureau gaat steeds beter functioneren en neemt mij zeker werk uit handen.

Sarah van der Hoogt en Ingrid Bargeman, zonder jullie hulp was dit boekje nu niet af geweest. Dank daarvoor.

Ten slotte: Lilian, Josine en Philip, de verhuizing naar Enschede was voor mij een zegen, maar voor jullie een hele verandering. Ik hou van jullie.

1. <http://synoniemen.net/grafisch.php?w=vakmanschap>.
2. Richard Bach, 'Illusions, the Adventures of a reluctant Messiah', 1977.
3. Jim Collins, 'Good to Great; Waarom sommige bedrijven een sprong vooruit maken en andere niet', Nederlandstalige editie, 2004.
4. Twente Index 2009; een vergelijkend economisch beeld van Twente', Stichting Twente Index, 2010.
5. Hbo-raad, Hbo-monitor 2008, 'Afgestudeerden van het hbo tijdens een crisis: geen verloren generatie', november 2009.
6. Hbo-raad, 'Kwaliteit als opdracht', augustus 2009.
7. SKO, 'Lectoraten in het hoger beroepsonderwijs 2001-2008, eindevaluatie van de stichting kennisontwikkeling hbo.'
8. Henri Chesbrough, 'Open Innovation, the new imperative for taking advantage of technology', Harvard Business School Press, 2006, ISBN 1-4221-0283-1.
9. Richard Sutton, Andrew Bartho, 'Reinforcement Learning, an introduction', 1998, ISBN13: 978-0-262-19398-6.
10. Delft Biorobotics Lab, <http://dbl.tudelft.nl>.