

Ingenieurs voor de toekomst

Citation for published version (APA):

Meijers, A. W. M., & Brok, den, P. J. (2013). *Ingenieurs voor de toekomst: een essay over het onderwijs aan de TU/e in 2030*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/2013

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.



Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Ingenieurs voor de Toekomst

Een essay over het onderwijs
aan de TU/e in 2030

Anthonie Meijers en
Perry den Brok



Where innovation starts

Colofon

Auteurs

Anthonie Meijers en Perry den Brok

Titel

Ingenieurs voor de Toekomst

Ondertitel

Een essay over het onderwijs aan de TU/e in 2030

A catalogue record is available from the Eindhoven University of Technology Library

ISBN: 978-90-386-3478-4

Eindhoven, 2013

© TU/e 2013. Alle rechten voorbehouden.

Fotografie

Norbert van Onna

Grafisch ontwerp

Volle-Kracht, Eindhoven

Druk

Drukkerij Snep b.v. , Eindhoven

Inhoud

Voorwoord	5
Korte samenvatting	6

1. Inleiding	8
2. Missie van de TU/e	10
3. Toekomstige ontwikkelingen	12
4. Kernwaarden van de TU/e	16
5. Excellentie als kernwaarde van het onderwijs	20
6. Maatschappelijke verantwoordelijkheid	22
7. Het onderwijs in 2030	26
8. Gevolgen voor studenten	30
9. Gevolgen voor docenten	34
10. Gevolgen voor de TU/e	38
11. Tot slot de hoofdlijnen samengevat	42

Voorwoord

Studenten vormen het bestaansrecht van een universiteit. Al onze vaardigheden en creativiteit zijn gericht op het opleiden van ingenieurs, ontwerpers en onderzoekers. Zelfs ons onderzoek staat in dienst van het voorbereiden van een nieuwe generatie op de toekomst.

Dit essay legt het intellectueel fundament van ons onderwijsbeleid. Het verklaart de keuzes die we de afgelopen jaren hebben gemaakt voor de transformatie van ons onderwijs. Ons Bachelor College en onze Graduate School zijn ingrijpend veranderd om ingenieurs beter voor te bereiden op hun rol in de maatschappij. Dit essay geeft ook richting aan nieuw beleid zoals rond de digitale universiteit, ICT in het onderwijs en lifelong learning.

De toekomst van onze ingenieurs is meer-
voudig. Er is niet zoiets als 'de' ingenieur van de toekomst. Sommige ingenieurs bekwamen zich in één discipline en verleggen de grenzen van ons kunnen en kennen. Maar onze maatschappij heeft ook behoefte aan ingenieurs voor wie technologie een middel is. Die worden leraar, arts of manager en beseffen dat een technische studie daarvoor een uitstekende basis is. En er zijn ingenieurs als generalisten, die in een interdisciplinaire omgeving willen werken aan grote maatschappelijke thema's, zoals energie, gezondheid en mobiliteit.

Ons nieuwe Bachelor College en de Graduate School hebben diezelfde veelzijdigheid. Alle ingenieurs in Eindhoven worden opgeleid volgens een gemeenschappelijke filosofie, met een gemeenschappelijke basis – wiskunde, natuurkunde, techniek, ontwerp, professionele vaardigheden, geestes- en sociale wetenschappen. Dat bereidt studenten voor op een breed scala aan taken. Het is ook een sterke basis voor de specialisatie van de studenten. Er is nu grote flexibiliteit in de keuze van onderwerpen, zodat studenten kunnen besluiten om dieper te graven of om onderwerpen te combineren uit verschillende vakgebieden. Zo kunnen zij zich concentreren op wat echt belangrijk is voor hun eigen talenten en carrière.

Ik ben blij met de scherpzinnigheid en helderheid waarmee collega's Anthonie Meijers en Perry den Brok deze onderwijsvisie hebben uiteengezet. Heel hartelijk dank daarvoor! De auteurs spelen ook een belangrijke rol in het onderwijsdebat op onze universiteit. Voortgaand debat is nodig, want we weten nu nog niet hoe de wereld zal veranderen. Er zullen technische doorbraken komen en nieuwe problemen zullen op ons afkomen. Dit essay inspireert om met ons onderwijs in de frontlinie te blijven. Op die manier kunnen we onze ambitie ook in de toekomst waarmaken.

Prof.dr.ir. Hans van Duijn, rector magnificus

Korte samenvatting

Ingenieurs voor de Toekomst

Een essay over het onderwijs
aan de TU/e in 2030

Anthonie Meijers en Perry den Brok*

De missie van de TU/e op onderwijsgebied is het opleiden van ingenieurs die gedurende hun hele loopbaan een belangrijke en vernieuwende bijdrage aan de maatschappij kunnen leveren. Op basis van deze missie, de kernwaarden die de TU/e nastreeft, en een analyse van de belangrijkste ontwikkelingen buiten en binnen de universiteit op zowel de middellange als lange termijn, wordt in dit essay een visie op het onderwijs in 2030 uitgewerkt met als kernelementen:

- *Streven naar excellentie, met als belangrijkste pijler de verbinding van onderwijs en onderzoek*
- *Kleinschaligheid en meester-gezel interactie als essentiële bouwstenen van academisch onderwijs*
- *Internationalisering van de studentenpopulatie en een grotere diversiteit aan studenten*
- *Vraagsturing door studenten en een grotere coachende rol van docenten*
- *Belangrijke rol voor digitaal onderwijs bij grote groepen studenten en lifelong learning*
- *Professionalisering van docenten die verder gaat dan de basiskwalificatie onderwijs*
- *Meer nadruk op multidisciplinariteit*
- *Meer nadruk op outputkwalificaties in het onderwijs en in de onderwijskwaliteitszorg*
- *Op termijn een aanzienlijke uitbreiding van het TU/e onderwijs op het gebied van lifelong learning en een substantiële betrokkenheid van het bedrijfsleven daarbij.*

Deze elementen hebben een rol gespeeld bij het recente herontwerp van de TU/e bacheloropleidingen en zijn geheel of gedeeltelijk gerealiseerd in het in 2012 opgerichte Bachelor College. Ze spelen ook een rol bij de verdere ontwikkeling van de TU/e Graduate School.

1 Antonie Meijers is hoogleraar Filosofie en Ethiek van de Techniek en Universiteitshoogleraar aan de TU/e, Perry den Brok is hoogleraar Onderwijskunde ten behoeve van Science Educatie aan de TU/e. De auteurs zijn diegenen die commentaar hebben geleverd op een eerdere versie van dit essay zeer erkentelijk.

Inleiding

“the role of engineers in society is likely to be very great”

1

Op 15 december 1977 werd aan de Technische Universiteit Eindhoven de eerste Holst Memorial Lecture gehouden, ter nagedachtenis aan een van de belangrijkste oprichters van de universiteit en eerste directeur van het Philips Natuurkundig Laboratorium, prof. dr. Gilles Holst. De universiteit bestond toen 20 jaar. De spreker was dr. Alexander King, directeur van de OESO en informeel verbonden aan de ‘Club van Rome’. Het thema van zijn lezing was: “The role of the engineer and the engineering sciences in future society”. King vatte zijn rede als volgt samen:

“[...] the role of engineers in society is likely to be very great and the tasks facing him will be formidable. It will be necessary for him to work in a social, economic and cultural perspective, to be fully aware of political and societal constraints and to be exceedingly flexible. The ever increasing database of the profession will *inevitably favour a greater degree of specialization*, but the temptation must be resisted to cram more and more specialized courses into the curriculum or to lengthen the learning period of formal education unduly. Young engineers will have to be exposed to the real problems of society as early as possible and hence sandwiches of instruction and practice will be desirable. The creativity and inventiveness of research engineers should be a constant preoccupation of management and, for this purpose the inclusion of fundamental research scientists in applied laboratories is desirable. The problems facing society are indeed great and their solutions will depend much on acceptance by the public at large.”

Zesendertig jaar later zijn veel van de onderwerpen van King’s lezing nog steeds actueel. De grote uitdagingen waar de wereld voor staat – in bijzonder op het gebied van duurzaamheid, economische stabiliteit en veiligheid – de toegenomen specialisatie in de ingenieursdisciplines, het belang van fundamenteel onderzoek en van creativiteit, de sociale en ethische verantwoordelijkheid van ingenieurs, het imago van het ingenieursberoep en de acceptatie van nieuwe technologie staan ook nu hoog op de agenda.² Ze vormen een belangrijke reden waarom de belangrijkste academische lezing aan de TU/e, de Holst Memorial Lecture, in 2013 opnieuw gaat over het thema van de ingenieur van de toekomst.

2 Zie bijvoorbeeld James J. Duderstadt (2008), *Engineering for a Changing World; a Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research and Education, The Millennium Project, The University of Michigan USA*.

Missie van de TU/e

*“nieuwe generaties academische
ingenieurs opleiden
die toekomstbestendig zijn”*

2

Deze steeds terugkerende aandacht voor de toekomst van het ingenieursberoep illustreert dat de Technische Universiteit Eindhoven zichzelf ziet als een universiteit met een missie. Zij wil nieuwe generaties academische ingenieurs opleiden die *toekomstbestendig* zijn. Ingenieurs die in staat zijn om een belangrijke bijdrage te leveren aan de maatschappij van over tien, twintig of veertig jaar. Hoe die maatschappij eruit zal zien weet niemand met enige zekerheid of nauwkeurigheid. Daarom zullen deze ingenieurs moeten excelleren in een aantal generieke competenties, d.w.z. competenties die van cruciaal belang zijn hoe het veranderingsproces zich ook voltrekt. Ingenieurs van de toekomst moeten professionals zijn die kritisch en onafhankelijk kunnen denken en die zichzelf gedurende hun hele loopbaan kunnen ontwikkelen en vernieuwen. Zij moeten met hoogwaardige technologie kunnen bijdragen aan de oplossing van maatschappelijke problemen, maar ook aan het ontwikkelen van nieuwe kansen en mogelijkheden. Ze moeten een onderzoekende en scheppende houding hebben, een grote mate van creativiteit en maatschappelijke verantwoordelijkheid, en het vermogen om over grenzen heen te kunnen kijken en te kunnen samenwerken.³ De wereld laat zich immers niet in academische disciplines indelen.

3 *De TU/e heeft dit uitgewerkt in een systeem van academische competenties. Zie hiervoor Meijers et al., Criteria voor Academische Bachelor en Master Curricula, Eindhoven 2003/2005. Op basis hiervan is ook een systeem van kwaliteitszorg op curriculumniveau ontwikkeld (ACQA).*

Toekomstige ontwikkelingen

“technologie die rechtstreeks intervineert in het denken en handelen van mensen”

3

Dat de toekomst onvoorspelbaar is, is half waar. Sommige ontwikkelingen, bijvoorbeeld demografische, zijn goed voorspelbaar. Maar politieke of economische ontwikkelingen zijn heel moeilijk te voorspellen, zeker op een langere termijn. Dat geldt ook voor veel technologische ontwikkelingen. Om een voorbeeld te geven: in 1990 werd het worldwide web bedacht en werd de eerste webserver geïnstalleerd. Maar wie had kunnen voorzien dat 20 jaar later ca. 50 miljard webpagina's zijn geïndexeerd door een bedrijf Google dat in 1990 nog helemaal niet bestond en nu een van de grootste technologische ondernemingen is?

Dit neemt niet weg dat er ook ontwikkelingen te noemen zijn die robuuster zijn. Eén daarvan is dat technologie in de loop van de tijd een steeds belangrijkere rol is gaan spelen in de persoonlijke levenssfeer van mensen. Waar een telefoon vroeger een functioneel object was dat aan de muur hing om te kunnen opbellen, is het nu een 'life companion' geworden die iedereen altijd bij zich draagt en waarmee bij wijze van spreken alle belangrijke en onbelangrijke zaken van het leven kunnen worden gedeeld. Technologie beïnvloedt in toenemende mate actief en doelgericht onze sociale omgeving (via het Internet), onze individuele ervaringen en zelfs ons denken en handelen (bijvoorbeeld via persuasive technology).

Deze ontwikkeling laat iets zien van de enorme spanwijdte die de technologie in de loop van de tijd gekregen heeft. Aan de ene kant werken ingenieurs aan technologie waarbij de grenzen worden bereikt van wat fysisch mogelijk is (bijvoorbeeld in de lithografie). Aan de andere kant werken ze aan technologie die rechtstreeks intervenueert in het denken en handelen van mensen. Dat betekent dat er *heel verschillende typen ingenieurs* nodig zijn. Die onderscheiden zich naar (i) disciplinaire achtergrond: elektrotechniek, scheikundige technologie, technische geneeskunde, informatica, architectuur, of bedrijfskunde; (ii) de aard van hun werk: onderzoeken of ontwerpen; en (iii) hun oriëntatie: specialist of generalist. Specialisten worden vaak gedreven door de uitdagingen en nieuwe mogelijkheden van technologie. Ze zijn erdoor gefascineerd en willen bijdragen aan de ontwikkeling en verbetering ervan. Generalisten worden vaak gedreven door de maatschappelijke vragen die met technologie kunnen worden opgelost. Maar dit zijn natuurlijk stereotypen. Niet ongewoon is de uitspraak: "I am a bit of a nerd, but for a good cause", waarmee zowel een fascinatie voor technologie als maatschappelijke

betrokkenheid wordt uitgedrukt. Generalisten en specialisten moeten beiden kunnen werken op de interface met andere disciplines. Deze kunnen heel verschillend zijn. De interface met fysica is bijvoorbeeld een heel andere dan die met psychologie of geneeskunde.

Er zijn nog andere ontwikkelingen die robuust zijn in de zin dat ze passen bij een aantal mogelijke toekomsten. *Internationalisering* is daar een goed voorbeeld van. Dat is een onontkoombare ontwikkeling. De wereldeconomie heeft de afgelopen vijftig jaar een sterke verschuiving naar Azië laten zien, waarbij China nu op gelijke hoogte gekomen is met de Verenigde Staten en de Europese Unie. Dit betekent dat bedrijven steeds internationaler zullen opereren en dat ingenieurs zonder uitzondering voor een internationale markt moeten worden opgeleid. Die constatering is onafhankelijk van de vraag of de TU/e zich in de toekomst vooral moet richten op het ecosysteem van internationale hightech bedrijven in de Eindhovense regio (Brainport), of dat de TU/e zich in hoofdzaak moet ontwikkelen als onderdeel van een internationaal netwerk van universiteiten (een 'global university of technology'). In beide toekomstscenario's speelt internationalisering een grote rol. Er is nog een andere reden waarom internationalisering een absolute noodzaak is: als de TU/e streeft naar excellentie in onderwijs en onderzoek dan betekent dat dat de wereld het speelveld moet zijn, niet Nederland.

Een universiteit die zich opstelt als wereldspeler is óók ingebed in een lokale omgeving en zal actief willen bijdragen aan de welvaart en het welzijn daarvan. De TU/e bevindt zich fysiek in de regio Eindhoven. Dit is een unieke regio met een hoge concentratie aan internationale hightech bedrijven, vandaar de naam Brainport. Een belangrijk deel van de studenten van de TU/e komt uit deze regio en een belangrijk deel van de alumni is werkzaam bij bedrijven die daar gevestigd zijn. Een goede samenwerking met de regio, die door zijn internationale oriëntatie zelf ook weer een venster op de wereld is, is daarom voor de TU/e een robuust uitgangspunt bij het bepalen van de toekomst van het onderwijs en het onderzoek.

Een robuuste ontwikkeling is ook een *grotere diversiteit* van studenten. Daarmee wordt bedoeld: niet één maar verschillende typen in bèta-techniek geïnteresseerde studenten,⁴ een groter aandeel vrouwen, meer nationaliteiten, meer allochtonen, etc. Die diversiteit is nodig om meer instroom te realiseren om voldoende mensen in de techniek te kunnen opleiden. Maar het is ook nodig omdat er aan de uitstroomkant ingenieurs met een heel verschillend profiel worden gevraagd, zoals het bovenstaande illustreerde. Er is niet één type ingenieur van de toekomst, maar er zijn meerdere. Tenslotte is diversiteit nodig om studenten te kunnen voorbereiden op een internationale loopbaan waarin culturele verschillen een belangrijke rol kunnen spelen.

Wat geldt voor studenten geldt ook voor de medewerkers van de TU/e: een grotere diversiteit is ook voor die categorie nodig en gewenst. Medewerkers vervullen een rolmodel voor studenten, in bijzonder als het gaat om vrouwen in de techniek. Het vergroten van de diversiteit in de populatie medewerkers is echter een zaak van de lange adem. De TU/e zal alleen door een vasthoudend beleid over een lange reeks van jaren hierin verandering kunnen aanbrengen.

Een andere ontwikkeling die niet gemakkelijk zal veranderen betreft de financiering van het hoger onderwijs door de rijksoverheid. Deze vertoont al jaren lang een dalende trend. In de periode 2000 – 2010 is de rijksbijdrage per student gedaald van €18.800 naar €14.100, terwijl het aantal studenten met 46 procent is toegenomen.⁵ De introductie van het sociaal leenstelsel voor studenten ter bekostiging van hun studie past in dit plaatje. Deze dalende trend is uitermate onbevredigend vanuit de visie, door diezelfde overheid uitgedragen, dat de concurrentiekracht en dus de toekomst van de Nederlandse economie ligt in kennisintensieve producten en diensten. Voor de Nederlandse universiteiten legt dit een grote druk op het onderwijssysteem, omdat met steeds meer studenten per medewerker universitaire opleidingen moeten worden verzorgd die internationaal tot de beste behoren. Dit klemt temeer omdat zoals hierna zal worden betoogd *kleinschaligheid* een essentieel element is van goed academisch onderwijs.

4 *Youngworks: Bèta Mentalities*. Zie: <http://www.betamentality.nl/docs/Publicaties/betamentality-2011-2016.pdf>

5 Zie voor meer informatie hierover: http://www.vsnu.nl/f_c_prijs_per_student.html.

Kernwaarden van de TU/e

*“streven naar de hoogst
mogelijke kwaliteit”*



4

Naast deze (en nog andere) meer voorspelbare ontwikkelingen in de toekomst zijn er ook ontwikkelingen die nauwelijks te voorzien zijn en waar speculeren weinig zin heeft. Het kompas moet bij deze onvoorspelbare ontwikkelingen altijd gericht zijn op de missie die de TU/e heeft en op de kernwaarden van de TU/e als instelling voor academisch onderwijs en onderzoek. Een kernwaarde is op de eerste plaats het streven naar de *hoogst mogelijke kwaliteit*. Kwaliteit is een waarderend begrip dat uitdrukt hoe goed iets is in het licht van relevante indicatoren. Als er één plaats in de samenleving is waar de hoogste kwaliteit min of meer compromisloos nagestreefd zou moeten kunnen worden dan is het de universiteit. Daar moet in academische vrijheid kunnen worden gewerkt aan de meest zuinige auto ter wereld, of de beste hartklep voor kinderen, of zonnecellen met het hoogste rendement. In alle andere sectoren zullen immers pragmatische overwegingen *altijd* een overheersende rol spelen, zoals haalbaarheid in de markt, beperkte tijd en capaciteit, etc., waardoor de kwaliteit onder druk komt te staan.

Het streven naar de hoogst mogelijke kwaliteit wordt aan een technische universiteit nog versterkt door het feit dat de ingenieurswetenschappen zelf gekenmerkt worden door een houding van ‘let’s make things better’. Vooruitgang behoort tot de kern van het ingenieursberoep. Het is een houding die studenten wordt aangeleerd in het onderwijs. Ingenieurs streven ernaar producten of processen te maken met een nieuwe of betere functionaliteit, die duurzamer zijn, minder schaarse materialen gebruiken, of sneller, lichter, kleiner, of goedkoper zijn dan bestaande producten of processen. De ‘wet’ van Moore, die zegt dat in de geschiedenis van de computer hardware het aantal transistors in een geïntegreerde schakeling elke 2 jaar is verdubbeld, is daar een goede illustratie van.

Bij de vaststelling dat het streven naar de hoogst mogelijke kwaliteit een kernwaarde is van de TU/e hoort ook de constatering dat kwaliteitsoordelen notoir moeilijk zijn. Kwaliteit laat zich niet simpelweg vaststellen of meten. Het is zoals Einstein eens opmerkte: “Not everything that counts can be counted, and not everything that can be counted counts”. Kwaliteitsoordelen zijn ‘all things considered’ oordelen waarbij een *aantal* indicatoren een rol speelt. Sommige daarvan zijn meetbaar en andere niet, en sommige zijn generiek en andere discipline-specifiek.⁶

Naast het streven naar de hoogst mogelijke kwaliteit heeft de TU/e kernwaarden die volgen uit de missie van de TU/e als instelling voor *wetenschappelijk* onderwijs en onderzoek: betrouwbaarheid, openheid, onafhankelijkheid, intellectuele eerlijkheid en maatschappelijke verantwoordelijkheid;⁶ kernwaarden die volgen uit de missie van de TU/e als *technische* universiteit: innoverend, ondernemend, bijdragend aan de maatschappij; en kernwaarden die volgen uit de TU/e als *maatschappelijke* organisatie: respect, integriteit, transparantie, betrokkenheid.

Deze waarden gelden niet alleen voor medewerkers, maar ook voor studenten. Studenten worden gezien als onderzoekers en ontwerpers in wording. Ze doorlopen in het bachelorprogramma, het masterprogramma en het PhD / PDEng programma verschillende fases waarin ze de beginselen van wetenschappelijke integriteit leren kennen en leren praktiseren. Ze worden verder uitgedaagd om innoverend en ondernemend te zijn en bij te dragen aan de samenleving, en ze leren in teamverband het belang van waarden als respect en transparantie.

6 Zie ook het KNAW rapport *Kwaliteitsbeoordeling in de Ontwerpende en Construerende Disciplines*, Amsterdam 2010.

7 Zie ook de TU/e *Code of Scientific Conduct (2013)* en de *Nederlandse Gedragscode Wetenschapsbeoefening (VSNU 2005/2012)*.



Excellentie als kernwaarde van het onderwijs

“voor het onderwijs zal ook in de toekomst de verbinding van onderwijs en onderzoek cruciaal zijn”

5

In het onderwijs wordt het streven naar de hoogst mogelijke kwaliteit vertaald in het streven naar excellentie. Dat geldt voor studenten – zij moeten het beste uit zichzelf halen tijdens hun opleidingsperiode – en voor docenten voor wie het geven van onderwijs een kerntaak is. In de ontmoeting van beiden vindt het leerproces plaats en worden studenten gevormd.

Excellentie in het onderwijs heeft twee kanten: vorm en inhoud. Excellentie in didactische vorm wordt bereikt door de vorm van het onderwijs zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de doelen van het leerproces, de inhoud die onderwezen wordt en de (individuele) aard van de studenten. Excellentie in inhoud wordt bereikt door het onderwijs te verbinden met het onderzoek. Door een sterke verbinding daartussen, in het bijzonder in de masterprogramma's, worden studenten uitgedaagd het beste uit zichzelf te halen en leren ze om samen met hun docenten het ingenieursvak op het allerhoogste niveau te beoefenen.

Topwetenschap wordt vaak vergeleken met topsport. Er schuilt veel waarheid in deze metafoer, in het bijzonder als het gaat om de inspanning en houding die nodig is om de top te bereiken. Training is daarvoor essentieel. Dat geldt in het bijzonder voor twee denkstappen die fundamenteel zijn in de wetenschappen: (i) de denkstap van het concrete geval naar het algemene inzicht (abstractie) en omgekeerd van het algemene inzicht naar het concrete geval (concretisering); en (ii) de denkstap van het geheel van een probleem of systeem naar de delen ervan (analyse) en omgekeerd van delen van een probleem of systeem naar het geheel (synthese). Deze twee denkstappen zullen in de opleiding keer op keer moeten worden geoefend. Daarbij zal de complexiteit gaandeweg moeten toenemen. Het uitblinken in deze mentale vaardigheden, in de technische wetenschappen vaak ondersteund door tekeningen of formele representaties, is een noodzakelijke (maar geen voldoende) voorwaarde om als ingenieur 'topsport' te kunnen bedrijven.

Maatschappelijke verantwoordelijkheid

*“een bijzondere verantwoordelijkheid
voor de Brainport regio”*

6

Als technische universiteit erkent de TU/e dat zij een bijzondere maatschappelijke verantwoordelijkheid heeft. Die verantwoordelijkheid volgt uit de enorme invloed van technologie op de maatschappij⁸ en uit de belangrijke rol die ingenieurs te spelen hebben bij de oplossing van de grote problemen en uitdagingen waar de wereld voorstaat. Die zijn er onder meer op het gebied van duurzaamheid en energie, terrorisme en conflictbeheersing, gezondheid en vergrijzing, water- en voedselvoorziening, financiële stabiliteit en werkgelegenheid. Voor deze maatschappelijke vraagstukken bestaat geen 'technological fix'. Maar technologie zal wel een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de oplossing ervan.⁹⁻¹⁰ De US National Academy of Engineering heeft in 2013 op basis van deze 'Grand Challenges for Society' een aantal 'Grand Challenges for Engineering' geformuleerd:¹¹

Make solar energy economical	Provide energy from fusion
Develop carbon sequestration methods	Manage the nitrogen cycle
Provide access to clean water	Restore and improve urban infrastructure
Advance health informatics	Engineer better medicines
Reverse-engineer the brain	Prevent nuclear terror
Secure cyberspace	Enhance virtual reality
Advance personalized learning	Engineer the tools of scientific discovery

Aan een aantal van deze Grand Challenges wil de TU/e een substantiële bijdrage leveren via strategische gebieden. Dit zijn thematische gebieden van onderzoek voor de middellange termijn (5-10 jaar), die hun fundament hebben in lange termijn onderzoeksterktes van de TU/e. De strategische gebieden zijn in 2010 als volgt gedefinieerd: health, energy en smart mobility. Ze hebben dwarsverbanden, onder andere via het generieke thema duurzaamheid. Kenmerkend voor de strategische gebieden is de koppeling van fundamenteel onderzoek aan grote maatschappelijke vragen: 'mission oriented fundamental research'. In het onderwijs moeten deze drie gebieden een belangrijke rol gaan spelen als bron van 'real life problems' waaraan studenten kunnen werken, bijvoorbeeld in hun afstudeerwerk of in een honors project. Maar ze zijn ook een inspiratiebron voor studenten die primair gemotiveerd worden door het grote maatschappelijke belang en potentieel van technologie.

De Grand Challenges zijn inderdaad *grand*. Ze onderstrepen de *maatschappelijke* noodzaak om de ingenieurswetenschappen op het allerhoogste niveau te beoefenen aan de TU/e en ingenieurs op te leiden die tot de beste in hun vak gerekend kunnen worden. Zonder dit streven naar excellentie zal er immers nauwelijks een antwoord kunnen worden gegeven op deze grote uitdagingen.

De TU/e draagt ook een bijzondere maatschappelijke verantwoordelijkheid voor de omgeving waarin zij is ingebed. De Brainport regio Eindhoven is een van de drie economische pijlers en het industriële hart van Nederland met vele internationale hightech bedrijven. Een belangrijk deel van het Nederlandse BNP en een groot deel van de Nederlandse export komt hier tot stand. Het is ook de regio in Nederland waar veruit de meeste private R&D gedaan wordt. De TU/e wil graag bijdragen aan de welvaart, het welzijn en de werkgelegenheid van deze regio door de ingenieurs op te leiden waar de regio behoefte aan heeft en door onderzoek te doen dat innovatie in de regio stimuleert: een universiteit ‘where innovation starts’.

-
- 8 *De geschiedenis laat zien dat die invloed zowel positief als negatief kan zijn.*
 - 9 *Zie bijvoorbeeld Van Santen, Khoe, en Vermeer, **Technology That Will Change the World**, Oxford UP 2010.*
 - 10 *Het Horizon 2020 Framework for Research & Innovation van de EU is op een aantal van deze grote maatschappelijke uitdagingen gericht.
Zie http://ec.europa.eu/research/horizon2020/index_en.cfm?pg=better-society.*
 - 11 *Zie onder meer: <http://www.engineeringchallenges.org/>.*



Het onderwijs in 2030

*“leren hoe te leren moet een
belangrijk leerdoel worden van
de opleiding aan de TU/e”*

7

Er wordt veel gespeculeerd over de toekomst van het onderwijs, in het bijzonder over de rol van ICT daarin. Massive Online Open Courses (MOOC's) en andere vormen van digitaal onderwijs zullen het bestaande onderwijs gaan vervangen en zullen academisch onderwijs mogelijk maken dat minder kost en voor meer studenten toegankelijk is. Nieuwe media zullen de plaats gaan innemen van het traditionele docent-student contact. Enzovoorts. Het is goed om bij deze hooggespannen verwachtingen enige nuchterheid te betrachten. Het Internet heeft inderdaad een enorme verschuiving teweeggebracht in de hoeveelheid beschikbare informatie en de toegankelijkheid daarvan. Nog nooit is zoveel informatie zo gemakkelijk toegankelijk geweest. Maar het is de vraag of daardoor de manier waarop mensen leren fundamenteel veranderd is of zal gaan veranderen. Leerprocessen zijn gebaseerd op de 'mental make-up' van mensen. Deze cognitieve structuren van het brein veranderen op een andere tijdschaal dan ICT. Anders gezegd: Darwin's evolutie volgt de wet van Moore niet. De leerprocessen van studenten zullen daarom over twintig jaar waarschijnlijk niet wezenlijk anders zijn dan de leerprocessen van twintig jaar geleden. Natuurlijk zullen sommige cognitieve vaardigheden van karakter veranderen, zoals het opzoeken van informatie. Maar dat geldt niet of veel minder voor het ontstaan van begrip en inzicht: het leren zien van samenhangen, het leren doorgronden van onderliggende mechanismen, of het leren maken van nieuwe dingen op basis van het bestaande. Dat betekent dat persoonlijke interactie en uitwisseling van kennis tussen docenten en studenten de kern van het academische onderwijs zijn en blijven. Het woord *universitas* is afgeleid van het Latijnse *universitas magistrorum et scholarium*, dat verwijst naar de gemeenschap van onderwijzers, onderzoekers en studenten. Daar gaat het in essentie om. Dit standpunt wordt goed verwoord door de voorzitter van de recent bij het MIT ingestelde Taskforce 2030, Samuel Allen:

"MIT will remain a campus-based university, and the value of maintaining it as such lies primarily in the degree to which its students learn from one another. Collaboration among students and interaction with faculty, whether they take place in formal or informal settings, are distinguishing qualities of the academics, research and community activities that take place at a campus-based university. [...] No doubt, by 2030, technology-enhanced tools that significantly enhance learning will be commonplace in MIT's academic offerings. Let's assume that using these tools eliminates a significant fraction of 'chalk-and-talk' lecturing. This would free up faculty time that can be devoted to other

activities that will change our day-to-day activities as educators. [...] More faculty will need to participate in mentoring, and deeper and enduring mentor/mentee relationships will be necessary. Faculty engagement with students will need to extend beyond the academic and research spheres and into the community sphere”.¹²

Wat geldt voor het MIT geldt waarschijnlijk ook voor de TU/e: in de toekomst zal het verbinden van formeel en informeel leren en het koppelen van leren aan het leven in een universitaire gemeenschap belangrijker gaan worden. Zo'n gemeenschap moet dan wel kleinschalig zijn om effectief te kunnen zijn. Hierin ligt een belangrijke uitdaging voor de TU/e. Bij groeiende studentenaantallen zal het onderwijs zo georganiseerd moeten worden dat het kleinschalig kan blijven en dat het meester-gezel contact daardoor niet gefrustreerd wordt. Het hoeft geen betoog dat ICT hierbij optimaal moet worden ingezet. Digitaal onderwijs is bij uitstek geschikt voor onderwijs aan grote groepen. Hierdoor kan capaciteit worden vrijgespeeld om ook in kleine groepen onderwijs te blijven geven.

De TU/e wil nieuwe generaties van academische ingenieurs opleiden die een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de maatschappij van over tien, twintig of veertig jaar. Eén ding is zeker: die maatschappij zal er anders uitzien dan de onze en zal ook andere dingen vragen van ingenieurs. Het ingenieursberoep zal daardoor veranderen en studenten zullen daarom anders moeten worden opgeleid. De eerder genoemde Grand Challenges laten onder meer de enorme complexiteit zien waarvoor ingenieurs in de toekomst zullen worden gesteld. Die challenges zijn in essentie multidisciplinair van aard. De oplossing ervan vraagt om bijdragen van de ingenieurswetenschappen en de natuurwetenschappen, maar ook om bijdragen van de sociale wetenschappen en de geesteswetenschappen. Dat geldt ook voor de eerder gesignaleerde ontwikkeling waarbij technologie steeds verder de persoonlijke levenssfeer van mensen binnendringt. Voor de TU/e betekent dit dat bruggen naar andere disciplines in de opleiding moeten worden geslagen, naar zowel technische als niet-technische disciplines.¹³ Daar zijn ook nog andere redenen voor. Veel vernieuwing vindt plaats op het grensvlak tussen disciplines en studenten moeten leren om de creatieve spanning met andere disciplines op te zoeken. En verder zullen ze in de praktijk altijd in multidisciplinaire teams gaan werken en ook dat moet worden geleerd.

Bij multidisciplinariteit past echter een waarschuwend woord. Het risico bestaat dat studenten uiteindelijk een 'Jack of all trades, master of none' worden. En dat staat haaks op het idee dat excellentie het doel van de opleiding moet zijn. Voor dit probleem bestaan verschillende oplossingen, afhankelijk van de vraag of het technologische domein zelf voornamelijk monodisciplinair is (scheikunde, natuurkunde) of multidisciplinair (biomedische technologie, bouwkunde). Bij een bachelor opleiding in een multidisciplinair domein kan bijvoorbeeld een specialisatie in een monodiscipline in de masteropleiding een oplossing hiervoor zijn.

De afgelopen jaren is er een grote hoeveelheid studies uitgevoerd naar de lange termijn ontwikkelingen in het hoger onderwijs, onder andere door de OECD en de EU. Met de nodige simplificatie kunnen op basis van deze studies globaal drie trends worden onderscheiden:

- Een grotere invloed van de (veranderende) maatschappij op het onderwijs;
- Een veel sterkere focus op leren hoe te leren en op de individuele vraag van studenten; hiermee hangt samen een meer coachende rol van docenten;
- Een grotere rol van ICT in het onderwijs.

Met name de tweede ontwikkeling verdient bijzondere aandacht. Studenten zullen moeten worden voorbereid op een carrière waarbij levenslang leren een noodzaak is en als houding moet worden aangeleerd. Die houding is wetenschappelijk gezien nodig (vanwege vele en snelle ontwikkelingen in hun vakgebied) en maatschappelijk gezien vereist (vanwege toegenomen arbeidsmobiliteit en een steeds grotere rol van technologie in de samenleving). De betekenis van het diploma verschuift daardoor van eindpunt van het leerproces naar startkwalificatie voor een carrière die in het teken zal staan van levenslang leren. *Leren hoe te leren* moet dus een belangrijk leerdoel worden van de opleiding aan de TU/e.

Bij de transitie naar een toekomstig onderwijssysteem is het van belang om de sterktes van het huidige onderwijs niet te vergeten en deze mee te nemen naar de toekomst. Kleinschaligheid is er één van. Een andere is het in Eindhoven ontwikkelde ontwerpgericht onderwijs (OGO). Dit onderwijs draagt in belangrijke mate bij aan het gewenste profiel van de Eindhovense ingenieurs.¹⁴ Een derde sterkte is het voor ingenieurs karakteristieke toepassingsgerichte onderwijs in ateliers en laboratoria, waarin naast conceptuele ook praktische vaardigheden worden aangeleerd.

Onderstaand worden de gevolgen van de hierboven genoemde drie trends voor studenten, docenten en de TU/e afzonderlijk besproken.

12 Allen, S. M. (2011), *MIT 2030: The Education Part*, MIT Faculty Newsletter, 24 (2), November 2011.

13 *In het Bachelor College van de TU/e gebeurt dit onder meer door inter- of multidisciplinaire keuzepakketten die faculteitsoverstijgend zijn. Daarnaast is er het zogenoemde USE onderwijs, dat staat voor User, Society en Enterprise. Hierin wordt aandacht besteed aan de sociale wetenschappen, de geesteswetenschappen en de managementwetenschappen in relatie tot technologie.*

14 *Zie de Evaluatie van de Implementatie van OntwerpGericht Onderwijs (OGO), ACQA Projectgroep TU/e, juni 2013.*

Gevolgen voor studenten

*“studenten komen in belangrijke
mate zelf aan het roer van hun
opleiding te staan”*

8

Voor studenten gaan er fundamentele veranderingen plaatsvinden. De maatschappelijke en inhoudelijke noodzaak van een grotere diversiteit aan ingenieurs en de verdergaande individualisering bij studenten betekent dat het niet meer volstaat als opleidingen een beperkt aantal voorgeprogrammeerde keuzes aanbieden. Niet de opleidingen maar de *studenten* moeten gaan bepalen wat interessante ingenieursprofielen voor hen zijn, daarbij geleid door hun eigen interesses, intrinsieke motivatie en toekomstplannen. Dit inzicht was onder meer de uitkomst van de TU/e taskforce voor het herontwerp van de bacheloropleidingen in 2011.¹⁵ Het impliceert dat het onderwijs aan de TU/e zo moet worden ingericht dat studenten op basis van een brede kennisbasis een eigen profiel en specialisme als ingenieur kunnen ontwikkelen, eerst in de bachelor- en daarna in de masterfase.¹⁶

Door deze omkering van aanbod naar vraag komen studenten in belangrijke mate zelf aan het roer van hun opleiding te staan. Dat is veeleisend, zeker in het begin van de bacheloropleiding waar de grote overgang gemaakt moet worden van de middelbare school naar de universiteit. Studenten zullen zich geen passieve houding meer kunnen veroorloven in het universitaire onderwijs en actief hun eigen opleiding moeten uitstippelen. Daarop zullen ze goed moeten worden voorbereid. De omkering van aanbod naar vraag vereist daarom ook van docenten iets extra's: een actieve rol in de persoonlijke begeleiding van studenten bij hun eigen leerproces en profielontwikkeling.

Dat leerproces zal niet altijd meer voor alle studenten uniform in de tijd verlopen. Er zal meer *differentiatie* komen in plaats en tijd, afhankelijk van de vraag van studenten. Dat past ook bij een grotere verwevenheid van opleiding en beroepspraktijk in de toekomst. De opleiding gaat door na het masterdiploma. Deze ontwikkeling sluit naadloos aan bij de zojuist beschreven verandering in het onderwijsproces aan de TU/e, waarbij studenten moeten leren om *zelf* hun inhoudelijke profiel te ontwikkelen en hun leerproces vorm te geven. Die vaardigheid is vervolgens cruciaal voor een loopbaan waarin levenslang leren een noodzaak is.

Bij deze leerprocessen zal ICT een belangrijke, ondersteunende rol spelen. Steeds meer inhoud zal beschikbaar komen via het web. Studenten zullen fysieke aanwezigheid tijdens de colleges, instructies en practica gaan combineren met web-based zelfstudie. Experimenten zullen deels ook op afstand en online gevolgd of gedaan kunnen worden, er vanuit gaande dat sommige van de ‘Grand Challenges in Science Education’ overwonnen worden.¹⁷ Maar online leren heeft zijn beperkingen zoals uit allerlei studies is gebleken. En niet elke ‘learning outcome’ leent zich daar even goed voor. ‘Blended learning’ heeft daarom de toekomst, waarbij de Eindhovense blend ook kleinschalig onderwijs en OGO bevat. Veel studenten vinden de fysieke aanwezigheid tijdens het onderwijs en de echte interactie met docenten in een kleinschalige setting onmisbaar voor hun opleiding.¹⁸

15 *Toekomstbestendig en Studentgericht Bacheloronderwijs, eindrapportage van de TU/e Taskforce Redesign Bachelor Curriculum en Standpunt College van Bestuur, Eindhoven mei 2011.*

16 *In het Bachelor College wordt een begin gemaakt met de opbouw van die brede kennisbasis in de voor alle studenten gemeenschappelijke basisvakken. De grote keuzeruimte van 45 EC maakt het mogelijk een eigen profiel te ontwikkelen.*

17 *Special issue ‘Grand Challenges in Science Education’, Science, Vol. 340 (2013), Issue 6130, 237-396.*

18 *Zie ook de dissertatie van Gorissen, P. (2013), Facilitating the Use of Recorded Lectures: Analyzing Students’ Interactions to Understand their Navigational Needs, doctoral dissertation TU/e, Eindhoven (Eindhoven School of Education).*



Gevolgen voor docenten

“een grotere diversiteit aan studenten en meer onderwijs op maat”

9

Medewerkers van de TU/e en in het bijzonder docenten, van universitair docent tot hoogleraar, vormen het kapitaal van de universiteit. Zij leiden generatie na generatie studenten op voor belangrijke taken in de maatschappij. Zij maken het verschil: als zij falen gaan er maatschappelijke en economische kansen verloren door minder goed opgeleide ingenieurs, als zij slagen worden er juist kansen en oplossingen gecreëerd die eerder niet voor mogelijk werden gehouden. De universiteit moet haar docenten daarom koesteren.

De taak van docenten zal er in de toekomst zeker niet eenvoudiger op worden. Er zal een grotere diversiteit optreden in de studentenpopulatie. Dit kwam op verschillende plaatsen al aan de orde. Docenten zullen hierop moeten inspelen en meer ‘op maat’ moeten gaan werken. Studenten zullen moeten worden gecoacht in hun individuele leerproces, worden gestimuleerd in hun nieuwsgierigheid en worden ondersteund bij het maken van keuzes en het ontwikkelen van een eigen profiel. Een persoonsgerichte benadering vraagt ook om een grotere variëteit aan onderwijsmethoden, om recht te doen aan verschillen in achtergrond, niveau, motivatie en leerstijl. Dit geldt in het bijzonder voor het op zichzelf al complexe inter- en multidisciplinaire onderwijs.¹⁹

In het onderwijs zal daarnaast een verschuiving gaan plaatsvinden van specifieke kennisinhoud naar outputkwalificaties van afgestudeerden: *de learning outcomes*.²⁰ Voor docenten betekent dit dat zij zich in hun onderwijs méér dan nu het geval is moeten gaan richten op het ontwikkelen en toetsen van deze *learning outcomes*. De verschuiving heeft te maken met de veranderende eisen van de maatschappij aan afgestudeerden,²¹ met de internationalisering van het onderwijs en de wens tot grotere mobiliteit tussen onderwijsinstellingen binnen de EU, en met snelle ontwikkelingen binnen vakgebieden, waardoor het vermogen en de houding om levenslang te leren steeds belangrijker worden (als onderscheiden van specifieke kennisinhoud). Wat dat laatste betreft zullen aan de TU/e ook assessments *for learning* naast de huidige assessments of learning moeten worden ontwikkeld.²²

Bij allerlei didactische functies zal ICT opnieuw een belangrijke ondersteunende functie gaan vervullen. Docenten zullen steeds meer gebruik gaan maken van software voor bijvoorbeeld adaptieve assessments of simulaties. Videomateriaal zal een grotere rol spelen in het onderwijs en tijd vrijmaken voor de zo belangrijke kleinschalige interactie van docenten met studenten. ICT maakt het ook mogelijk om onderwijs te geven samen met andere docenten, waar ook ter wereld. Bij deze grotere inzet van ICT in het onderwijs zal de kernvraag steeds moeten zijn: *vanuit welke didactische filosofie wordt ICT ingezet?* Veel case studies hebben laten zien dat het louter kopiëren van leerstof van een analoge naar een digitale leeromgeving meestal geen succes is.

-
- 19 Czerniak, C. M. (2007), 'Interdisciplinary Science Teaching', in S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, 537-559, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
 - 20 Het begrip 'competentie', dat vaak in relatie tot learning outcomes wordt genoemd, is een begrip dat niet bij iedereen op een even grote populariteit kan rekenen. Het wordt vaak in verband gebracht met ontwikkelingen in het middelbaar- en hoger onderwijs die gezien worden als desastreus: 'content-free competence learning' waarbij het kennisbestanddeel van het onderwijs wordt verwaarloosd ten faveure van algemene competenties als communiceren en samenwerken. De term 'learning outcome' is wat dit betreft minder beladen dan de term 'competentie'. Het beoogt een combinatie van kennis, vaardigheden en houding tot uitdrukking te brengen. Dit geldt overigens ook voor het begrip 'competentie' zoals gebruikt in de TU/e publicatie *Criteria voor Academische Bachelor en Master Curricula* en het daaraan gerelateerde Eindhovense kwaliteitszorg-systeem ACQA.
 - 21 Een aantal van de eerder genoemde learning outcomes worden in populaire publicaties ook wel aangeduid als '21st century skills'. Zie bijvoorbeeld: <http://www.21stcenturyskills.nl/achtergrondinformatie/>.
 - 22 Schleicher, A. (Ed.) (2012), *Preparing Teachers and Developing School Leaders for the 21st Century: Lessons from Around the World*, OECD.



Gevolgen voor de TU/e

*“excellent onderwijs vraagt om een
passende ICT infrastructuur”*

10

De hierboven beschreven ontwikkelingen impliceren ook fundamentele veranderingen op instellingsniveau. Sommige daarvan spelen op korte termijn en zijn voor een deel gerealiseerd in het Bachelor College en de Graduate School, andere spelen op de middellange- en lange termijn en vragen om verdere aanpassingen van het onderwijs-systeem in de toekomst.

Vraagsturing door studenten betekent dat méér flexibiliteit in studieprogramma's noodzakelijk is. Het Bachelor College en de Graduate School bieden hiervoor een structuur. Tegelijkertijd kan het niet zo zijn dat 'anything goes'. De TU/e moet de kwaliteit van de individuele opleidingsprogramma's van studenten kunnen waarborgen en zeker stellen dat de hierboven genoemde *learning outcomes* ook daadwerkelijk gerealiseerd worden. Flexibiliteit kan verder ook betekenen dat de TU/e voor studenten en alumni afgebakende onderdelen of leerlijnen op andere dan de gebruikelijke tijdstippen gaat aanbieden, bijvoorbeeld in de avonduren of in het weekend. Dit kan ook nodig zijn om allerlei beperkingen van het rooster en van de beschikbaarheid van onderwijsruimtes te omzeilen. Hieraan zijn natuurlijk praktische grenzen. Maar het is ook duidelijk dat méér flexibiliteit nodig is.

Excellent onderwijs bestaat niet zonder excellent geschoolde docenten. In het licht van de steeds complexere taken van docenten is een verdere professionalisering van docenten een noodzaak. Dit moet een standaard element worden van het HRM beleid van de TU/e, een element dat verder gaat dan de basiskwalificatie onderwijs (BKO). Lifelong learning geldt immers ook voor docenten. Aparte trajecten voor medewerkers die zich specialiseren in het onderwijs liggen voor de hand. Voor die medewerkers zal onderwijs vaak ook een gebied van onderzoek zijn, bijvoorbeeld bij het ontwikkelen van best practices die evidence-based zijn.

Excellent onderwijs bestaat ook niet zonder een passende onderwijsinfrastructuur. Hier liggen hele belangrijke uitdagingen voor de TU/e, in het bijzonder bij de verdere ontwikkeling van Campus 2020. De beschikbare onderwijsruimtes moeten in aantal, omvang en voorzieningen gaan aansluiten bij de onderwijsvisie van de TU/e en bij de toekomstige studentenpopulatie. Ook de huisvesting van studenten is van groot belang, zeker in

het licht van toenemende internationalisering. Tenslotte is de ICT infrastructuur essentieel, zoals hierboven op vele plaatsen is betoogd. Deze zal moeten meegroeien met de toekomstige rol die ICT in het bachelor- en masteronderwijs gaat spelen, in het bijzonder bij onderwijs aan grote groepen. MOOC's, selectief ingezet op sterktes van de TU/e, zullen naar verwachting belangrijk worden voor het onderwijs aan professionals in het kader van levenslang leren.

Naar verwachting zal de TU/e in de toekomst in steeds groter detail verantwoording moeten afleggen over de bestede overheidsmiddelen. De huidige prestatieafspraken met het ministerie van OCW zijn daar een goed voorbeeld van. Bij die verantwoording gaat het om de kwaliteit van het onderwijs, maar óók om de efficiency waarmee de overheidsmiddelen worden besteed (bijvoorbeeld de rendementen van de opleidingen). Hetzelfde geldt voor de instellingsaccreditatie. Daarbij wordt het proces van kwaliteitszorg in het onderwijs in detail bekeken en moet de TU/e kunnen aantonen alle elementen daarvan onder controle te hebben. Door de toename van beschikbare informatie en opslagcapaciteit zal naar verwachting kwaliteitszorg meer nog dan nu het geval is in de toekomst ondersteund kunnen worden met ICT, onder andere door data mining.

Het toenemende belang van levenslang leren, veroorzaakt door de vele veranderingen in de maatschappij en de snelle ontwikkelingen in wetenschap en technologie, heeft op middellange termijn gevolgen voor het onderwijs aan de TU/e. De studentenpopulatie zal hierdoor substantieel veranderen en het aanbod zal meer afgestemd moeten worden op alumni en andere professionals die zich verder willen bekwamen in onderwerpen waar de TU/e goed in is. Werken en leren zullen elkaar gaan afwisselen of er zullen mengvormen gaan optreden. De TU/e zal in de nabije toekomst een antwoord moeten geven op de vraag welke positie zij wil gaan opbouwen in de markt voor postgraduate onderwijs. Leertrajecten in het kader van lifelong learning kunnen (deels) ook bij bedrijven of andere organisaties plaatsvinden. Deze verwevenheid van werken en leren zal de noodzaak groter maken om te zoeken naar manieren om informele kennis en in de praktijk verworven *learning outcomes* in kaart te brengen en waar nodig te certificeren (zie ook de MIT 2030 visie).

Door deze ontwikkelingen zullen bedrijven en maatschappelijke organisaties meer betrokken raken bij het universitaire onderwijs. Met de bedrijven in de Brainport regio is in de loop van de tijd een intensieve onderzoeksamenwerking tot stand gekomen, onder meer via PhD en PDEng projecten. Die samenwerking is één van de sterktes van de TU/e. Maar die sterkte wordt in het onderwijs nog onvoldoende benut. De vraag is hoe deze bedrijven méér kunnen gaan betekenen voor het onderwijs aan de TU/e dan nu het geval is. Hun rol kan variëren van het koppelen van leerstof aan real-life voorbeelden tot een grotere betrokkenheid bij stages en afstudeerprojecten in het bachelor- en masteronderwijs. Maar hun belangrijkste bijdrage ligt waarschijnlijk bij het

toekomstige onderwijs in het kader van lifelong learning. Het is goed mogelijk dat er gemengde trajecten van werken en leren ontstaan waarbij bedrijven een gedeelde verantwoordelijkheid dragen voor opleidingselementen die in de praktijk plaatsvinden, inclusief de toetsing daarvan.

Voor bedrijven zijn goed geschoolde medewerkers het kapitaal op korte termijn en studenten het kapitaal op lange termijn. De betrokkenheid van bedrijven bij het onderwijs van de TU/e is dus een zaak van welbegrepen eigenbelang. Ook voor de universiteit is deze betrokkenheid van groot belang, gelet op haar missie van opleiding en valorisatie. Vaak wordt vergeten dat de belangrijkste valorisatie van de kennis die op de TU/e aanwezig is de ca. 1000 academische ingenieurs zijn die elk jaar opnieuw aan de maatschappij en dus ook aan het bedrijfsleven worden afgeleverd.

Tot slot de hoofdlijnen samengevat

*“kleinschaligheid en meester-gezel
interactie als essentiële bouwstenen
van academisch onderwijs”*



Een toekomstvisie is een kompas. Het geeft de richting aan waar de TU/e naar toe wil op de middellange- en lange termijn. Een universiteit is echter geen speedboot die gemakkelijk van koers kan veranderen, het is eerder een tanker. Alleen door een langdurig volgehouden consequent beleid kan een organisatie van 3000 medewerkers en onderzoekers en 7500 studenten uitkomen op de plek waar zij wil zijn. Die plek op de horizon wordt gedefinieerd door de missie van de universiteit, de waarden die zij belangrijk vindt en een aantal middellange- en lange termijn ontwikkelingen buiten en binnen de universiteit.

De onderwijsmissie van de TU/e is het opleiden van academische ingenieurs die toekomstbestendig zijn en die gedurende hun hele loopbaan van 40 jaar een belangrijke en vernieuwende bijdrage kunnen leveren aan de maatschappij. In hun denken en handelen laten zij zich leiden door een aantal kernwaarden, die ook voor de medewerkers van de TU/e kenmerkend zijn. Het streven naar excellentie in onderwijs en onderzoek is een waarde die meer nog dan de andere waarden definieert waar het aan de TU/e over gaat of zou moeten gaan.

Tot de middellange- en lange termijn ontwikkelingen die waarschijnlijk robuust zijn in het licht van mogelijke toekomst behoren: een technologie die steeds verder doordringt in de persoonlijke levenssfeer van mensen, de verdere internationalisering van de samenleving en van het onderwijs, een grotere diversiteit van studenten en medewerkers, de afname van de rijksbijdrage aan het hoger onderwijs en de toename van de eisen aan de verantwoording van de middelen daarvoor.

Voor het onderwijs zal ook in toekomst de verbinding van onderwijs en onderzoek cruciaal zijn. Maar er zijn ook belangrijke veranderingen op komst: vraagsturing door studenten die hun eigen academische profiel gaan ontwikkelen, een grotere coachende rol van docenten, een toenemend belang van inter- en multidisciplinariteit (ook met de sociale en geesteswetenschappen), een grotere rol van *learning outcomes* in onderwijs en kwaliteitszorg, meer nadruk op lifelong learning, meer betrokkenheid van het bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties bij het onderwijs, een verdergaande professionalisering van docenten en een belangrijker rol van ICT en digitaal onderwijs.

Wat dat laatste betreft: de universiteit van de toekomst zal niet bestaan uit een serverpark waarop online cursussen draaien die door studenten over de hele wereld gevolgd worden. In de ontmoeting van studenten en docenten vindt het leerproces voor een belangrijk gedeelte plaats. Sommige elementen daarvan kunnen gedigitaliseerd worden, andere niet. Blended learning, waarin zowel digitale als analoge elementen ieder hun eigen specifieke didactische rol te spelen hebben, heeft daarom de toekomst. En datzelfde geldt voor kleinschalig onderwijs waarin echte interactie tussen studenten en docenten plaatsvindt. Dat is tegelijkertijd een enorme uitdaging voor de TU/e: hoe kleinschaligheid te realiseren bij groeiende studentenaantallen en een afnemende overheidsbijdrage per student?

Een toekomstvisie is een instrument dat helpt bij het maken van de noodzakelijke keuzes. De TU/e heeft recent gekozen voor een Bachelor College en een Graduate School. Daarin is een aantal van de hierboven genoemde elementen verwerkt. Tegelijkertijd is duidelijk dat daarmee de vernieuwing van het onderwijssysteem niet af is, zoals iedereen die werkt in het hoger onderwijs weet. Bij die vernieuwing moeten hoofd- en bijzaken, lange termijn en korte termijn ontwikkelingen, middel en doel goed uit elkaar worden gehouden. De blik moet gericht zijn op het lange termijn doel en dat moet leidend zijn bij het maken van keuzes hier en nu. Michelangelo zei het treffend: “It is necessary to keep one’s compass in one’s eyes and not in the hand, for the hands execute, but the eye judges”.