



Adviesraad
Technologiebeleid
TU Delft

*Het Ontwerpen van de
Toekomst*

2492
2220
1

730580/3040842

KA

ARTD-ADVIES 99/01

HET ONTWERPEN VAN DE TOEKOMST

Een plaatsbepaling van het ontwerpen aan de TU Delft

oktober 1999



2492
220
1

Bibliotheek TU Delft
Faculteit ~~SES~~ / ~~SEB~~

C 3040842



De Adviesraad voor het Technologiebeleid TU Delft (ARTD) is een adviesorgaan van het College van de Bestuur van de Technische Universiteit Delft. De Raad is ingesteld op 14 juni 1994 bij CvB-besluit 940614/CvB/6 en in werking getreden op 1 juli 1994. Het College van Bestuur zegt in haar besluit d.d. 14 juni 1994 over de taak van de Raad onder meer het volgende:

"Het College van Bestuur te adviseren door keuzes te maken uit toekomstverkenningen naar middellange- en lange termijn technologische en maatschappelijke ontwikkelingen voor door de TU Delft uit te voeren fundamenteel en strategisch onderzoek."

De Adviesraad is als volgt samengesteld:

Prof.dr.ir. P.M. Dewilde (TU Delft), voorzitter

Externe leden

Prof.dr. J.C. Arnbak

Voorzitter van het Bestuurscollege Onafhankelijke Post en Telecommunicatie Autoriteit

Ir. A. Hamburger

Vice-President Fluor Daniel

Ir. K. De Groot

Vice-president SIEP Research & Technical Services Shell

Ir. L.A.M. Mathijssen

Directeur Informatie-Technologie Centrum ING-GROEP

Ir. A.B.M. van der Plas

Oud-Secretaris-generaal Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Ir. J.A. Roels

Director Life Sciences R&D DSM-GIST

Interne leden

Prof.ir. O.H. Bosgra

Faculteit Ontwerp, Constructie en Productie

Prof.dr.ir. E. van der Giessen

Faculteit Ontwerp, Constructie en Productie

Prof.ir. C.J.P.W. van Kruijsdijk

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

Prof.dr. J.G. Kuenen

Faculteit Technische Natuurwetenschappen

Prof.dr.ir. G.M. van Rosmalen

Faculteit Technische Natuurwetenschappen

Prof.dr.ir. A. Verruijt (tot 1 juni 1999)

Faculteit Civiele techniek en Geo-wetenschappen

Prof.ir. L.B. Voegesang

Faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek

Waarnemer namens het College van Bestuur

Dr. K.W. Maring

Stafeenheid Onderwijs-, Onderzoek- en Studentenbeleid

Secretaris

Dr. G.J. Scheurwater

Stafeenheid Onderwijs-, Onderzoek- en Studentenbeleid

Voorwoord

'Het ontwerpen' - Nederlandse vertaling voor het Engelse 'design' - staat centraal in het ingenieursberoep. Vrijwel iedere ingenieur wil iets nieuws tot stand brengen. Hij gebruikt daartoe zijn technische vaardigheden en zijn wetenschappelijk inzicht. Of het nu een organisatie betreft, een proces, een systeem, een apparaat of een consumentenproduct, ingenieurs streven ernaar hun creativiteit zo aan te wenden, dat het nieuwe dat zij ontwerpen niet alleen esthetische waarde heeft, maar ook diverse kritische toetsen kan doorstaan zoals markt-acceptatie, efficiency, kwaliteit, milieuvriendelijkheid.

De kunst van het ontwerpen wordt in de moderne wereld steeds moeilijker. De complexiteit van moderne technische producten neemt drastisch toe en de mondialisering van de concurrentie stelt veel grotere eisen aan hun kwaliteit. Terwijl ontwerpers zich in het verleden konden laten leiden door een vrij algemene vakkennis, is de situatie de laatste jaren sterk veranderd. In vele vakgebieden is het ontwerpen van ambacht tot wetenschap geëvolueerd - het is een 'technologie' geworden, een specifiek technisch kennisgebied, 'Ontwerpkunde'. Immers, belangrijke internationale tijdschriften accepteren ontwerpkundige artikelen en er bestaan zelfs al toonaangevende wetenschappelijke tijdschriften die helemaal op ontwerpkunde gericht zijn.

Als adviesorgaan voor technologie-beleid van de TU Delft heeft de ARTD deze tendensen onderkend. De ARTD is van mening dat 'het ontwerpen' een uitmuntend onderwerp is waarvoor opleiders en onderzoekers aan de TU Delft een gemeenschappelijke visie kunnen ontwikkelen. Het is een vakgebied dat jonge mensen kan aanspreken, zij kunnen enthousiasme ontwikkelen voor deze bijzonder waardevolle kernactiviteit van het ingenieursberoep. Het ontwerpen dient een belangrijke componente in de opleiding te zijn en het is bovendien ook een uitstekend onderwerp voor wetenschapsbeoefening. De relatie wetenschap-ontwerpkunde, de ontwerpkunde als wetenschap of de ontwerpkunde in de wetenschap komt een centrale plaats toe aan onze Technische Universiteit.

Dit advies plaatst 'het ontwerpen' in het kader van het technologiebeleid van de TU Delft. Zij is volgens een zorgvuldige procedure, die verderop beschreven staat, tot stand gekomen. Als voorzitter van de ARTD wens ik allen te bedanken die hebben bijgedragen aan het tot stand komen ervan, niet in het minst de externe leden van de ARTD, die zeer cruciale bijdragen hebben geleverd.

Patrick Dewilde, Voorzitter ARTD

1. Inleiding

De aanleiding van dit advies is het verzoek van het College van Bestuur een visie op het ontwerpen te formuleren die aansluit bij de missie van de TU Delft om, als technologische universiteit, bij te dragen aan het oplossen van belangrijke actuele en toekomstige vraagstellingen op technisch-wetenschappelijk gebied in de samenleving, zowel nationaal als internationaal. Immers, het ontwerpen is essentieel voor technologische universiteiten. Het ontwerpen vormt - uiteraard in wisselwerking met het verrichten van technisch-wetenschappelijk onderzoek - het belangrijkste onderscheidende kenmerk ten opzichte van de niet-technische universiteiten en de kunstacademies.

Over de aard van het ontwerpen wordt van uit verschillende invalshoeken reeds decennia lang gediscussieerd.¹ Echter, gelet op de inhoud van het verzoek van het College van Bestuur is dit advies toegespitst op het beantwoorden van de volgende vraag: op welke wijze kan de huidige plaats van het ontwerpen aan de TU Delft zodanig worden verhelderd dat het ontwerpen, dat met de Delftse opleiding tot ingenieur is verweven en in het onderzoek van de TU Delft is vervlochten, meer systematisch kan worden geprofileerd.

¹ Cf. Durbin, P.T. (1980), *A guide to the culture of science, technology and medicine*, p. 308.

2. Delftse ontwerptradities

Van oudsher vormt het ontwerpen een essentieel element in de Delftse ingenieursopleiding. De ontwerpen van Delftse ingenieurs hebben aan uiteenlopende sectoren van de (inter)nationale samenleving belangrijke bijdragen geleverd: van het ontwerpen van grootschalige waterwerken tot handzame consumentenprodukten en het ontwikkelen van nieuwe diensten; van het ontwerpen van spraakmakende architectuur, van industriële processen en complexe fabrieken tot het ontwerpen van geleidesystemen voor vliegtuigen en geïntegreerde circuits en systemen. Al dergelijke ontwerpen zijn gestoeld op de uiteenlopende ontwerptradities die in de loop van meer dan anderhalve eeuw aan de TU Delft en elders zijn gegroeid en verfijnd.

Deze tradities kunnen - in algemene zin - worden getypeerd als het ontwikkelen en verbeteren van functionele oplossingen voor dikwijls complexe, maar concrete vragen waarvoor ofwel geheel nieuwe dan wel aan-gepaste ontwerpen noodzakelijk werden geacht. Enkele willekeurige voorbeelden van concrete vragen: Hoe kan het overstromingsgevaar worden gereduceerd? Hoe kan de mobiliteit van personen en het transport van goederen worden verbeterd? En, hoe kan grootschalige elektronische transmissie van data goedkoper worden gerealiseerd?

3. Visionaire ontwerpen

Via ontwerpen spelen ingenieurs in op behoeften van de samenleving. De ingenieur is de "makende mens" in optima forma. De visie die hij hierbij weet te ontwikkelen en over te dragen is van groot belang voor de kwaliteit van de omgeving waarin veel mensen leven.

Het gebruiken van technisch-wetenschappelijke kennis staat centraal bij het maken van nieuwe artefacten¹; artefacten die doelbewust worden ontworpen en planmatig worden opgebouwd. Systematische kennis van en inzicht in bestaande technische mogelijkheden alsmede - gaandeweg het ontwerpproces - het expliciet maken van de behoefte aan nog te ontwikkelen (technisch)-wetenschappelijke kennis zijn kernelementen in bij het ontwerpen. Bovendien: het inzicht in technische mogelijkheden wordt voortdurend verrijkt door resultaten van wetenschappelijk onderzoek, hetgeen veelal tot gevolg heeft dat de keuzemogelijkheden op het gebied van het ontwerpen worden vergroot. Het ontwerpen bevindt zich daarom in het hart van het traject van technologie² naar ontwikkeling.

Het ontwerpen is veelal rechtstreeks verbonden met het vervullen van belangrijke

¹ De notie 'artefact' wordt hier in brede betekenis gebruikt; het kan zowel verwijzen naar een produkt als naar een dienst, proces, methode of zelfs een organisatie.

² De notie 'technologie' wordt hier gebruikt in de betekenis van het geheel aan wetenschappelijke kennis in een technisch vakgebied.

levensbehoeften zoals: voeding, wonen, gezondheid, communicatie, veiligheid en mobiliteit, en wel op doelmatige wijze.

Door uiteenlopende (maatschappelijke) tendensen en doelen veranderen de eisen die aan het vervullen van behoeften - en daarmee ook aan het ontwerpen - worden gesteld.³ Daarnaast vertegenwoordigen deze eisen dikwijls waarden die in een bepaalde samenleving worden nagestreefd, en waarmee bij het ontwerpen terdege rekening moet worden gehouden; een voorbeeld hiervan is het belang dat allerwegen - terecht - aan duurzaamheid wordt gehecht. Daar komt nog bij dat de verzameling van gedeelde waarden niet alleen veranderlijk is, maar ook dat verschillende waarden, op een zelfde moment, op gespannen voet met elkaar kunnen staan. Het ontwerpen vindt altijd plaats onder dwingende, soms conflicterende, randvoorwaarden, zoals milieu- en veiligheidseisen versus rentabiliteitseisen. De taak van ontwerpers is daardoor meestal zeer complex. Zij staan voor grote uitdagingen!

Naast het verbeteren van reeds bestaande ontwerpen (incrementeel ontwerpen) is er in toenemende mate dan ook behoefte aan visionaire ontwerpen; dat wil zeggen, ontwerpen die (1) anticiperen op 'dwingende' mondiale tendensen en (2) ontwerpen die bepaalde waarden in ge-

³ Zie hiervoor de 'dwingende' trends die zijn genoemd in het ARTD-Advies *Op weg naar de 21ste eeuw* (1996), p. 6-7.

heel nieuwe, tot de verbeelding sprekende ontwerpen incorporeren.

Energie-systemen

De omvang van de wereldbevolking neemt snel toe. Economische groei wordt noodzakelijk geacht, waardoor de behoefte aan energie blijft toenemen. Het milieu mag echter zo min mogelijk worden aangetast. Naast wetenschappelijk onderzoek naar nieuwe vormen van duurzame energie-opwekking, dienen daarom geheel nieuwe systemen te worden ontworpen die energie kunnen opslaan, omzetten en distribueren.

Fabriek van de toekomst

Het op een duurzame, gezonde en efficiënte manier kwalitatief hoogwaardige produkten tegen concurrerende prijzen produceren in een fabriek die geen stankoverlast geeft en de horizon niet vervuult. Het is waarschijnlijk dat in de 21ste eeuw dergelijke eisen aan nieuwe fabrieken en procesinstallaties zullen worden gesteld. Het 'klassieke' fabrieksontwerp zal moeten worden herzien en hiermee ook het ontwerpen van nieuwe scheidingsapparaten, nieuwe pompen, nieuwe processen, nieuwe conversiestappen resulterend in kringloopsluiting.

Informatie-infrastructuur

De informatisering van de samenleving is onomkeerbaar. De behoefte om verschillende soorten informatie uit te wisselen neemt sterk toe. De hiervoor noodzakelijke infrastructuur moet echter in staat zijn om soepel de gewenste informatie tussen willekeurige informatieverschaffers en -gebruikers over te brengen. Er dient een nieuw algemeen bruikbaar transportsysteem voor data te worden ontworpen, dat willekeurige informatieverschaffers met dito gebruikers in contact kan brengen en dat - op voor deze gebruikers doorzichtige wijze - de data informatieve (meer)waarde verleent op elk gewenst tijdstip.

4. Analyse

Ontwerpen: structuur en proces

Discussies die aan de TU Delft en elders worden gevoerd over het ontwerpen, kunnen in drie soorten worden onderverdeeld.

In de eerste plaats betreft dit discussies over de methodologie; dat wil zeggen discussies over de vraag welke (al dan niet impliciete) regels bij het tot standkomen van een bepaald ontwerp doorgaans worden gebruikt. In feite gaat het hier om de essentie van het ontwerpen in technisch-wetenschappelijke zin.

Ten tweede, gedachtenwisselingen over de vraag welke elementen een rol spelen bij het ontstaan van ontwerpen. Hierbij gaat het niet alleen om de rol van individuele creativiteit bij het ontwerpen te bepalen, maar ook om de rol van intuïtie, originaliteit, vernuft en het denken in concepten verder te verduidelijken.

Ten slotte kan ook nog worden opgemerkt dat veel aandacht wordt besteed aan het verhelderen en actualiseren van de betekenissen die van de notie "ontwerpen" (en verwante noties) in omloop zijn.

Van een aantal resultaten van het Delftse debat over ontwerpen kan vruchtbaar gebruik worden gemaakt om in algemene zin de positie van het ontwerpen aan de TU Delft te bepalen. Zo heeft dit debat onder andere geleid tot de uitstekende rapportage *Analyse en stellingen voor cultuurbepaling ten aanzien van ontwerpen en ontwerponderwijs*.¹ In dit rapport worden voor de TU Delft structurele aspecten van het ont-

¹ Ridder, de H.A.J. (1996), *Interfacultair Project Ontwerpen. Rapport eerste fase: analyse en stellingen voor cultuurbepaling ten aanzien van ontwerpen en ontwerponderwijs*. TU Delft, Faculteiten Ct, IO, L&R en WBMT. Uiteraard zijn er ook andere interessante verhandelingen over het ontwerpen verschenen, zoals Roozenburg, N. & Eekels, J. (1991), *Productontwerpen, structuur en methode*; of, Eekhout, M. (1998), *Ontwerpmethodologie*.

werpen in kaart gebracht. De ARTD neemt de analyses inzake ontwerpen uit voornoemde rapportage over. Ook wordt de in die rapportage genoemde definitie van ontwerpen overgenomen, te weten: *ontwerpen is het zoeken naar harmonie tussen vorm en context. De context is het probleem, de vorm de oplossing.*¹ Voor een gedegen en uitgebreide analyse van het ontwerpen zij derhalve verwezen naar voornoemde rapportage.

Generieke kenmerken van ontwerpen

De ARTD is van oordeel dat een vruchtbaar onderscheid kan worden gemaakt tussen generieke kenmerken van het ontwerpen die (1) de *structuur* daarvan betreffen en kenmerken die (2) het *proces* van het ontwerpen betreffen. Door het onderkennen van deze twee soorten generieke kenmerken kan de eenheid van het ontwerpen in de diversiteit van verschillende vakgebieden beter worden gezien.

Structuur: drie dimensies

De **hiërarchische dimensie** betreft het iteratief decomponeren van een ontwerp in deelontwerpen; deze deelontwerpen worden zelf weer het onderwerp van een ontwerpproces, dikwijls met de inbreng van een specifiek vakgebied.

De **kennisdimensie** betreft het bij het

¹ Alexander, C. (1964), *Notes on the synthesis and form*, p. 6; geciteerd in Ridder, de H.A.J. (1996), op. cit. p. 5.

ontwerpen gebruiken van kennis uit verschillende al dan niet technische disciplines. Niet alleen wordt bij het oplossen van vragen gebruik gemaakt van dezelfde bijvoorbeeld fysica en informatica, maar ook van methodologieën die onderling in meer of mindere mate 'familiegelekenissen' vertonen.

De **omgevingsdimensie** betreft de beïnvloeding van een bepaald ontwerp door de ontwikkelingen in waarden en eisen die behoren tot de omgeving waarin het te maken artefact ontstaat, zoals milieu- en veiligheidseisen, human centred design, risico-analyse, *life cycle analysis*, rentabiliteits- en kostprijsberekening, *reliability-, availability and maintainability analysis* (RAM-analyse), juridische kaders, duurzaamheid en ketenverantwoordelijkheid. Daarnaast speelt bij het ontwerpen van een artefact ook de (te voorziene) interactie van dit artefact met de omgeving een belangrijke rol.

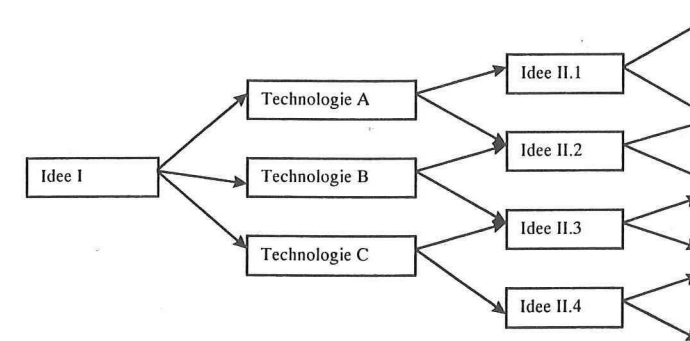
Proces: vier elementen

Interdisciplinariteit staat bij het ontwerpen voorop. Veel visionaire ontwerpen zijn mogelijk geworden door het combineren van technologie uit verschillende vakgebieden. In-genieurs hebben doorgaans overzicht over veel disciplines ("breedte"), maar zij dienen wel goed het belang en de toepasbaarheid van fundamentele kennis te onderkennen ("diepte"). Visionaire ont-

werpen ontstaan veelal door interactie het grensvlak van verschillende disciplines en zij kunnen in combinatie met onderzoek de grenzen van de technische mogelijkheden oprekken.

Het ontwerpen impliceert een proces van

doelgericht handelen, waarbij dit handelen door het winnen van inzichten uit eerdere fasen het ontwerpen op een steeds hoger niveau terecht komt ("spiraliserende doelgerichtheid", zie figuur 1).



Figuur 1

Fundamentele wetenschapsbeoefening wordt gemotiveerd door het begrip van natuurverschijnselen via theorievorming (*curiosity driven*). Technisch-wetenschappelijk onderzoek wordt gemotiveerd door het (met behulp van fundamentele wetenschap) begrijpen, weten-

schappelijk onderbouwen en systematiseren van techniek alsmede het ontwikkelen van een technische omgeving. Bij het ontwerpen wordt veelal uitgaan van een zodanige vraagstelling, die als functionaliteitsvraag van een bepaalde opdrachtgever kan worden getypeerd. Met het oog-

merk functionaliteitsvragen op te lossen wordt doelgericht gebruik gemaakt van fundamenteel wetenschappelijke en technologische kennis. De zelfstandigheid en de trefzekerheid van ingenieurs om van dit complexe geheel aan kennis doelgericht gebruik te maken (en uit te breiden) vormen belangrijke componenten van het academisch gehalte van het ingenieursberoep. Waar in de 'klassieke' wetenschapsbeoefening het verschuiven van de grenzen van het weten centraal staat, zijn ontwerpers gericht op het verplaatsen van de grenzen van het kunnen! Uitgaande van een zeer algemeen concept als te bereiken doel wordt bij het ontwerpen itererend en selecterend het pad naar het beoogde ontwerp gevonden.

Ontwerpen vindt zelden plaats in isolatie; veel vaker is het **teamspeel**, waarbij proces van het ontwerpen wordt gedragen door de wisselwerking tussen de individuele teamleden. De kennis en kunde van vele anderen dienen te worden gemobiliseerd om het doel te bereiken.

In veel gevallen wordt het ontwerpproces medebepaald door het vinden van een balans om met beperkte middelen (tijd, geld en menskracht), ondanks **onzekerheden** in bestaande kennis en in de ontwerpspecificaties, tot een effectieve oplossing te komen.

5. Ontwerpen en onderwijs

Een belangrijk argument voor de verlenging (in 1994) van de cursusduur van ingenieursopleidingen van vier naar vijf jaar was dat een nominale studieduur van vier jaar als te kort werd beschouwd om op systematische wijze verschillende kenniscomponenten te leren integreren;¹ een vaardigheid die uit de aard der zaak essentieel is voor het ontwerpen. Het "vijfde jaar" biedt de TU Delft daarom een unieke kans accent te leggen op het leren ontwerpen. In het navolgende wordt eerst ingegaan op de rol van het ontwerpen in het huidige eerste fase onderwijs (en de geplande 3+2-structuur); vervolgens worden de Delftse post-doctorale ontwerpersopleidingen beschouwd.

Het leren ontwerpen in het eerste fase onderwijs biedt unieke kansen om de oriëntaties van studenten te vormen en te verbreden. Juist omdat ontwerpen contextafhankelijk is, wordt bij studenten via onderwijs in het ontwerpen begrip gekweekt voor niet zuiver technische overwegingen die mede bepalend zijn voor de acceptatie van een ontwerp in een bepaalde context. Naast het expliciet gericht zijn op de contextafhankelijkheid van het ontwerpen, is de ARTD van oordeel dat het leren ontwerpen in het eerste fase onderwijs ook nog de volgende drie elementen zou

¹ Cf. Raad van Centrale Ondernemingsorganisaties (RCO), *Aanvullend RCO-Advies Cursusduur Ingenieursopleidingen* (1993)

moeten bevatten.

Ten eerste, expliciete aandacht in het eerste fase onderwijs voor de **methodologische** aspecten van het ontwerpen; vooral ook waar het gaat om de relatie met de basisdisciplines.

Ten tweede, leren ontwerpen is gebaseerd op het hebben van inzicht in **algemene verbanden**. Met behulp hiervan van wordt geleerd om wetenschappelijk inzicht te verbinden met het handelen als ingenieur.

Ten derde, het maken van grensverleggende ontwerpen berust op inzicht en ervaring. Het overdragen van ervaring aan de hand van uitdagende en goedgeslaagde **ontwerpvoorbeelden** is een belangrijke component bij het leren ontwerpen; reden om ook ervaren beroepsontwerpers te betrekken in het eerste-fase onderwijs.

Ondanks de vijfjarige cursusduur voor de eerste fase opleidingen is het voor een klein aantal vakgebieden nuttig en noodzakelijk gebleken dat de vaardigheden op het gebied van het ontwerpen door middel van speciale tweejarige post-doctorale ontwerpersopleidingen verder worden verdiept. Deze bieden een goede mogelijkheid om meer systematisch aandacht te besteden aan de methodologische aspecten van het ontwerpen. Bovendien kan deze opleidingen een diepere basis worden gegeven wat betreft zowel *Computer Aided Design* als basisdisciplines van het ontwerpen, zoals *operations research*, optimalisatietheorie, mathematische logica

en informatica.

6. Ontwerpen en onderzoek

Het ontwerpen is geëvolueerd van het toepassen van tamelijk eenvoudige ambachtelijke ervaringskennis tot het gericht gebruiken en synthetiseren van fundamentele kennis en technologische inzichten. Zeker bij visionaire ontwerpen zal het ontwerpproces zelf een motivatie geven tot aanleiding zijn voor nieuw technologisch of fundamenteel wetenschappelijk onderzoek. Zoals gezegd: visionaire ontwerpen vormen de generator en motivator van nieuwe technologie. Door het hoge ambitieniveau van deze ontwerpen ontstaat er behoefte aan technologische inzichten en middelen die nog niet voorhanden zijn en daarom nieuw onderzoek vergen.

Hoewel in het ontwerpproces de behoefte naar wetenschappelijk onderzoek kan ontstaan om specifieke eigenschappen van nieuwe ontwerpen na te gaan, geldt ook omgekeerd dat nieuwe wetenschappelijke resultaten tot nieuwe ontwerpen kunnen leiden om functionaliteitsproblemen op te lossen. Er bestaat derhalve een dubbele wisselwerking tussen het ontwerpen en het verrichten van onderzoek.

In dit licht beschouwd is de veel gemaakte tegenstelling tussen onderzoek enerzijds en ontwerpen anderzijds illusoir. Een vruchtbaarder zienswijze is het om - uiteraard in de context van de ingenieurwetenschappen - te spreken over enerzijds

ontwerpde onderzoekers en anderzijds over onderzoekende ontwerpers. Het trekken van een scherpe grens waar de ene activiteit overgaat in de andere is arbitrair.

7. Ontwerpen als wetenschap

Door de cruciale rol die het ontwerpen in de ingenieurswetenschappen speelt, is de systematiek ervan zelf het onderwerp van kritisch-wetenschappelijk denken geworden.¹ Verschillende factoren hebben tot deze kritisch wetenschappelijke reflectie geleid, zoals (1) de toenemende complexiteit van de in de techniek gebruikte materialen, fysische verschijnselen en processen; (2) de toenemende mogelijkheden en belang van synthese van diverse technieken bij het ontwerpen; (3) de toenemende complexiteit van al of niet technische eisen die worden gesteld, en (4) de mogelijkheden van de informatica en de verbeterde inzichten in de structuur en de organisatie van data.² Er zijn belangrijke wetenschappelijke tijdschriften die de methodologie van het ontwerpen documenteren.³

¹ Zo'n systematiek wordt in dit advies een 'methodologie' genoemd.

² Een bevestiging dat deze vier elementen bij het ontwerpen inderdaad een steeds belangrijkere rol spelen kan worden gevonden in bijvoorbeeld, Mitchell, W.T., A tale of two cities: architecture and the digital revolution. In: *Science* (1999), vol. 285, p. 839-841.

³ Voorbeelden hiervan zijn: *IEEE Transactions, Computer Aided Design, Chemical Engineering Research & Design (Part A of the Transactions of the Institution of Chemical Engineers), Industrial & Engineering Chemistry (section Process Design and Control), Computers and Chemical Engineering, sectie Process Design in AIChE-Journal; conferenties: Foundations on Computer Aided*

De complexiteit van het ontwerpen is door bovengenoemde factoren sterk toegenomen. Daarmee is ook de behoefte gegroeid om het kennisgeheel dat bij het ontwerpen is betrokken meer systematisch te funderen. Zonder in te gaan op de details van ontwerpprocessen (het 'hoe'), stelt de ARTD voor het wetenschappelijk karakter van het ontwerpen te zoeken in het "regelgeleide" karakter daarvan. Om de mate van het wetenschappelijk gehalte van het ontwerpen te typeren stelt de ARTD daarom voor hierbij uit te gaan van de mate waarin binnen een bepaalde ontwerptraditie de veelal impliciete ontwerpregels (1) expliciet zijn geformuleerd, (2) zijn gesystematiseerd, (3) worden uitgebreid, (4) met behulp van andere disciplines zijn gefundeerd en (5) door de betrokken gemeenschap van ontwerpers als standaarden zijn geaccepteerd.

De mate waarin aan deze criteria is voldaan, en dus 'methodologische consensus' is ontstaan, kan uiteraard per ontwerptraditie verschillen, en betekent dat sommige ontwerptradities dichter staan bij de eerder genoemde ambachtelijke ervaringskennis terwijl andere (veel) verder zijn ontwikkeld.

Bij het beoordelen van prestaties op het gebied van het ontwerpen dient rekening te worden gehouden met de volgende drie factoren.

Ten eerste kunnen (artikelen over) grens-

Process Design (FOCAPD).

verleggende ontwerpen in de meeste vakgebieden worden gepubliceerd in internationale tijdschriften. Ten tweede is de impactfactor van deze tijdschriften lager dan van tijdschriften die op specifieke disciplines zijn gericht; dat wil zeggen, tijdschriften die niet geschikt zijn voor publicaties op het gebied van het ontwerpen. Ten derde is er sprake van een stelselmatige schaarste aan jonge onderzoekers-ontwerpers vanwege de zeer grote competitie tussen de technische universiteiten en het bedrijfsleven.

8. Aanbevelingen

Missie van de TU Delft

In de huidige formulering van de missie van de TU Delft als technologische universiteit komt te weinig helder het belang dat de TU Delft hecht aan het ontwerpen tot uitdrukking. De formulering van de Delftse missie dient daarom te worden aangepast.

Onderwijs

1. Ontwerpen in propaedeuse

Stimuleer het enthousiasme van studenten in het ontwerpen door hen daarmee al in de propaedeuse - in een interdisciplinaire omgeving - meer systematisch kennis te laten maken. Organiseer hiertoe (1) in iedere faculteit onderwijs gericht op het leren analyseren van goedgeslaagde en tot de verbeelding sprekende ontwerpen; dit onderwijs dient inhoudelijk ook gevolgd te kunnen worden door studenten van andere

faculteiten en (2) "een practicum" voor eerste en tweede jaarsstudenten waardoor zij rechtstreeks ervaring opdoen met het maken van een ontwerp waarbij een beroep wordt gedaan op hun creativiteit.

2. Onderwijsgevende staf

Stimuleer bij de leden van de onderwijsgevende staf het leren van vaardigheden om te ontwerpen. Zet ontwerptrajecten op in samenwerking met docenten uit het bedrijfsleven, de faculteiten, de onderzoekscholen, de instituten alsmede de DIOC-programma's.

3. Ontwerppractica

Zet ontwerppractica zo op dat een voor studenten realistisch beeld van ontwerpsituaties ontstaat, bijvoorbeeld door in teams van studenten te werken en met inbreng van externe klanten en *consultants*.

4. Leren ontwerpen in het curriculum

Het leren ontwerpen dient in het gehele curriculum zichtbaar te zijn vertegenwoordigd.

5. Prototypering

Zorg ervoor dat de methodologie van het ontwerpen, het ontwerpproces en faciliteiten tot prototypering aanwezig zijn in de voornaamste disciplines.

6. Omgevingsdimensie

Richt het curriculum zodanig in dat studenten gericht - met behulp van alpha- en

gammawetenschappen - inzicht verwerven in de omgevingsdimensie.

7. Post-doctorale ontwerpersopleidingen
Richt op die gebieden een post-doctorale ontwerpersopleidingen op waar een duidelijke vraag van de industrie bestaat.

Onderzoek

1. Streven naar unificerende theorieën
Stimuleer het ontwikkelen van unificerende theorieën van het ontwerpen, leidend tot geïntegreerde ontwerpomgevingen (bijvoorbeeld via research programma's en DIOC's).

2. Interactie tussen ontwerpgroepen

Organiseer interactie tussen ontwerpgroepen in verschillende faculteiten, bijvoorbeeld door steun voor gemeenschappelijke ontwerpen en het opzetten van gemeenschappelijke faciliteiten. Hierbij zijn ook de post-doctorale ontwerpersopleidingen van belang.

3. Human centered design

Stimuleer aandacht voor de 'kennis van de mens'; met betrekking tot het doel van zowel een ontwerp (*human centered design*) als de ontwerpende mens zelf en zijn inbreng bij het ontwerpen.

4. Visionaire ontwerpen

Bevorder het aanpakken van visionaire, vernieuwende ontwerpprojecten, en geef in het bijzonder aandacht aan projecten met een duidelijke systeem-aanpak.

5. Informatica

Stimuleer gebruik van en aandacht voor moderne hulpmiddelen uit de informatica voor het ontwerpen.

6. Honoreren van ontwerpen

Ontwikkel een zodanig allocatie-systeem dat ook ontwerpen als te waarderen output van de TU Delft wordt gezien.

Verantwoording

De ARTD heeft het raadzaam geacht om een representatieve vertegenwoordiging van Delftse ontwerpers uit verschillende disciplines te verzoeken hun visie te geven op de kenmerken en de wenselijke positie van het ontwerpen aan de TU Delft. Hiertoe is op woensdag 9 december 1998 een minisymposium georganiseerd.¹ Aan de deelnemers is gevraagd door middel van een korte presentatie de volgende onderwerpen in kaart te brengen: (1) visie op (het belang van) het ontwerpen in de betreffende discipline; (2) de relatie van het ontwerpen en het ingenieursberoep; (3) het wetenschappelijk karakter en de inhoud van het ontwerpen; (4) het stimuleren van creativiteit in de ingenieursopleidingen, en (5) problemen en uitdagingen. De deelnemers is vervolgens gevraagd commentaar te leveren op diverse concepten van het advies.

¹ De deelnemers aan het mini-symposium d.d. 9.12.1998 waren: prof. dr. J. Arbocz (LR), prof.dr.ir. A.C.J.M. Eekhout (Bk), prof.ir. J. Grievink (TNW), prof.ir. R.H.J.M. Otten (ITS), prof.dr.ir. H.A.J. de Ridder (CitG), prof.ir. P. de Ruwe (OCP) en prof.dr.ir. H.G. Stassen (OCP).

Literatuur

Alexander, C. (1964), *Notes on the synthesis of form*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

ARTD, (1998), *Het toekomstig opleidingsprofiel van de TU Delft*. Delft: s.n.

Eekhout, M. (1998), *Ontwerpmethodologie*. Delft: Faculteit Bouwkunde, TU Delft.

Groot, A.D. de (1961), *Methodologie. Grondslagen van onderzoek en denken in de gedragswetenschappen*. Den Haag: Mouton.

Mitchell, W.T., A tale of two cities: architecture and the digital revolution. In: *Science* (1999), vol. 285, p. 839-841.

Ridder, H.A.J. de (1996), *Interfacultair project ontwerpen. Rapport eerste fase: analyse en stellingen voor cultuurbepaling ten aanzien van ontwerpen en ontwerponderwijs*. Delft: s.n.

Roozenburg, N. & Eekels, J. (1991), *Productontwerpen, structuur en methoden*. Utrecht: Lemma.

Scheepmaker, J. (1997), *Bevindingen van de Commissie Beoordeling Ontwerpen*. Delft: s.n.