



Faculteit Natuur en Techniek / Hogeschool van Utrecht

**Integraal Ontwerpen,
een nieuwe verleiding
voor techniek**
T.M.E. Zaal

auteur Tim Zaal

redactie Maaïke Jansen en Sylvia Heimans

uitgave Faculteit Natuur en Techniek (www.fnt.hvu.nl), Hogeschool van Utrecht

ontwerp www.dietwee.nl (Marjolein Spronk)

L.S. is een reeks publicaties van HvU-lectoren

- L.S. 1.** Daar hebben we toch communicatie voor. Roelf Middel 2002
- L.S. 2.** Integraal Ontwerpen, een nieuwe verleiding voor techniek. Tim Zaal, 2000
- L.S. 3.** Product Design & Engineering, van vuistbijl tot mobieltje. Wim Poelman, 2002
- L.S. 4.** Tussen illusie en werkelijkheid. Jean Pierre Wilken, 2002
- L.S. 5.** New Education, de achterkant van het Digitale Wonderland. Tom van Weert, 2003
- L.S. 6.** Resultaten uit het verleden bieden garanties voor de toekomst. Pim Brinkman, 2003
- L.S. 7.** Ouder worden. Marieke Schurmans, Mia Duijnste, 2003
- L.S. 8.** De spin in het web. Joop de Jong, 2003
- L.S. 9.** Kleurrijke Gesprekken. Maaïke Hajer, 2003
- L.S.10.** Redelijke sociale verhoudingen, redelijk sociaal gedrag. Hans van Ewijk, 2003
- L.S.11.** Met het oog op de meester. Kees van der Wolf, 2003
- L.S.12.** Door leefstijl naar gezondheid. De mythe van het bewegen. Luc Vanhees, 2003
- L.S.13.** Betekenisvolle integratie: de ontwikkeling van een competentielandschap voor opleiders in pedagogisch perspectief. Hans Jansen, 2003

Hogeschool
van Utrecht

		Inhoudsopgave		Inleiding	Ontwikkelingen in de werktuigbouwkunde
Het begrip Integraal Ontwerpen	Wat is Integraal Ontwerpen?				
					Het hbo-project Integraal Ontwerpen
		Integraal Ontwerpen en het profiel van de nieuwe ingenieur			Leerstoel Integraal Ontwerpen
			De afronding		
Noten		Curriculum Vitae	Integral Design, a new temptation in technology	Figuren	

De nieuwe

**Ik hoefde het beeld
maar uit het marmer
te bevrijden**
Michelangelo

Inleiding

Het College van Bestuur heeft mij benoemd tot lector in het vakgebied Integraal Ontwerpen. De voorzitter van de Faculteit Natuur en Techniek, de heer Udink ten Cate, heeft u verteld over de aanleiding van het instellen van dit lectoraat met de daaraan verbonden leerstoel. Voor het hbo zijn dit nieuwe onderwerpen en u begrijpt dat het voor mij een spannende uitdaging is de leerstoel Integraal Ontwerpen vorm en inhoud te geven. Bij de voorbereiding van de rede kwam ik het werk van kunstenaar Oskar de Kieffe tegen, waar ik in de loop van mijn verhandeling nog op terugkom¹. De wijze waarop hij speelt met vorm, structuur en functie van verschillende voorwerpen heeft mij erg geïnspireerd. Zijn werk is uitermate geschikt om bepaalde aspecten van Integraal Ontwerpen toe te lichten. Ik moest bij de voorbereiding ook denken aan een bekende kernzin uit de systeemleer van In 't Veld: 'het geheel is meer dan de som der delen'². Het onderwerp van mijn openbare les is 'Integraal Ontwerpen, een nieuwe verleiding voor techniek'. Integraal Ontwerpen is voor velen van u een nieuw begrip. Ik ga dit toelichten en inhoudelijk uitwerken. Vervolgens wil ik u duidelijk maken wat Integraal Ontwerpen betekent voor het bedrijfsleven en vooral wat de consequenties zijn voor de ingenieur van de toekomst. Ik durf hier de volgende aannames te doen:

- dat Integraal Ontwerpen het beroep van (werktuigbouwkundig) ingenieur breder en daardoor aantrekkelijker maakt;
- dat Integraal Ontwerpen de keuze voor techniek verleidelijker maakt.

Ik eindig met een overzicht van activiteiten waarmee ik me de komende tijd ga bezighouden.

ingenieur

Ontwikkelingen in de werktuigbouwkunde

Integraal Ontwerpen is ontstaan binnen de werktuigbouwkunde. Daarom begin ik met een korte schets van de ontwikkelingen in dit vakgebied. Ruim een jaar geleden vond in deze collegezaal een symposium plaats ter gelegenheid van het 50-jarig bestaan van de opleiding Werktuigbouwkunde in Utrecht. Op het symposium 'Alice in Wonderland' (Alice staat in dit verband voor Advanced Life Cycle Engineering) stonden we stil bij de toekomst van de ingenieur. We keken ook terug op de rijke geschiedenis van het vakgebied³. Bij de start van de opleiding in 1949 stonden vooral de productietechnieken centraal. Typisch de technieken die nodig waren in de toen in Utrecht ruimschoots aanwezige zware metaalindustrie zoals Werkspoor, Demka, Stork Jaffa en Bronswerk. Vanaf het midden van de jaren zestig werd het werktein breder en bestreek het onder de naam werktuigbouwkunde ook het ontwerpen van industriewerktuigen. Dit terrein levert het beeld op van de werktuigbouwkundig ingenieur dat de meesten van u vertrouwd is. Op het ogenblik staan we opnieuw voor een punt van verbreding. Door de opkomst van de informatie- en communicatietechnologie en de globalisering van de economie treedt er een ware aardverschuiving op in de werkzaamheden van de werktuigbouwkundig ingenieur. Een vergelijkbare ontwikkeling zien we tevens bij de andere ingenieursdisciplines, zoals de elektrotechniek en de civiele techniek. Het bedrijfsleven vraagt om breedopgeleide ingenieurs met zowel werktuigbouwkundige, elektrotechnische als informatica-kennis. Integraal Ontwerpen geeft een belangrijke impuls aan deze ontwikkelingen.

Het begrip Integraal Ontwerpen

Het begrip Integraal Ontwerpen (IO) ben ik binnen het hbo voor het eerst tegengekomen in het visitatierapport Werktuigbouwkunde uit 1994⁴. De commissie vond dat we weliswaar goede ingenieurs afleverden maar dat onze afgestudeerden niet voldoende up to date-kennis hadden van de mogelijkheden van informatietechnologie, van moderne engineeringprincipes als 'concurrent engineering' en van de commerciële kanten van het maken van een nieuw product. 'Haal het bedrijfsleven de school in en revitaliseer de werktuigbouwkundeopleiding volgens het principe van Integraal Ontwerpen', zo luidde de aanbeveling van het rapport⁵. Deze visitatiecommissie was niet de enige instantie die Integraal Ontwerpen op de kaart zette. In Nederland zijn reeds belangrijke voorzetten gedaan door de Werkgroep BOO (Bedrijfszekerheid, Onderhoudstechnologie en Onderhoudsmanagement). In het BOO interim-rapport 'Anders omgaan met Techniek' uit 1987 worden al belangrijke aanbevelingen gedaan in de richting van Integraal Ontwerpen, in het bijzonder op het gebied van ontwerpen volgens de levenscyclus⁶. Een tweede rapport dat ik hier wil memoreren is het 'Final Report' van het congres 'Research Opportunities in Engineering Design' van de Amerikaanse National Science Foundation uit 1996⁷. Dit rapport legt grote nadruk op het belang van de informatietechnologie binnen Integraal Ontwerpen. Bovendien doen de auteurs de aanbeveling om naast specialisten meer generalisten op te leiden. Met generalisten worden personen bedoeld die het gehele ontwerpproces kunnen overzien. Een recent overzicht van de huidige stand van zaken met betrekking tot Integraal Ontwerpen in de Verenigde Staten wordt gegeven in het artikel 'Concurrent en Collaborative Engineering in de bouw' van J. Reterink uit maart 2000⁸.

moet mee

Wat is Integraal Ontwerpen?

Integraal Ontwerpen is een totaalbegrip en kan het beste uitgelegd worden aan de hand van een assenkruis (figuur 1)⁹. U ziet een assenkruis met drie assen: de verticale as geeft 'het kunnen abstraheren door het denken in functies' ('integratie van abstracties') weer, de horizontale as 'het denken in de productlevenscyclus, de life cycle' ('integratie van levensduurfuncties') en de derde as 'het integreren van disciplines van techniek, informatie- en communicatietechnologie (ict) en bedrijfskunde' ('integratie van disciplines'). De resultante is Integraal Ontwerpen. Ik loop met u de drie assen na om Integraal Ontwerpen toe te lichten. Ik toon daarmee tevens aan dat het geheel meer is dan de som der delen.

Verticale as: 'Het kunnen abstraheren door het denken in functies'

Op de verticale as staan vorm, structuur en functie. Hoe hoger op de as, hoe abstracter de omschrijving. Het belang van het denken in functies is uiteengezet in de systeemleer van In 't Veld. Hij omschrijft de functie van een object als 'datgene wat door dat object wordt teweeggebracht'¹⁰. 'Het kunnen abstraheren door het denken in functies' betekent bij Integraal Ontwerpen dat de nieuwe ingenieur meer dan voorheen moet leren denken in abstracte functies in plaats van in concrete oplossingen bij het omgaan met vragen of problemen. Dit denken in functies heeft grote gevolgen voor het ontwerpproces. Bij Integraal Ontwerpen ontlede we een functie in functieniveaus. We gaan hier net zolang mee door tot er geen functies meer kunnen worden gedefinieerd. Voor het opsplitsen van een functie in de verschillende functieniveaus maken we gebruik van de zogenaamde functionele de-

compositie. Bij elke gedefinieerd functieniveau is een aantal technische oplossingen mogelijk. Echter de keuze voor een oplossing hangt af van nader te bepalen factoren die vaak voortkomen uit gebruikseisen of -wensen. U kunt hierbij denken aan klantenwensen, aan duurzaamheid, aan eisen met betrekking tot energieverbruik en aan milieueisen. Naast In 't Veld heb ik zelf het belang van het werken met functionele decompositie bij industrieel onderhoud benadrukt. Onderhoudssystemen kunnen via codesystemen worden gestructureerd. De keuze van een goed codesysteem is van strategisch belang voor bedrijven. Bedrijven denken hier over het algemeen te weinig over na¹¹.

Voorbeeld verticale as: voor de functie 'zich verplaatsen'

Ik wil aan de hand van twee voorbeelden het denken in functies concreet maken. Als uitgangspunt neem ik vervoersmiddelen die u allen kent: de auto en de fiets. De primaire functie van de auto en de fiets is dat het mensen in staat stelt zich te verplaatsen. Bij het begrip 'zich verplaatsen' kunnen we ook aan de andere mogelijkheden denken zoals de bus, de trein, de boot en het vliegtuig. De functie verplaatsen wordt afhankelijk van de af te leggen afstand ingevuld. Maar ook andere wensen of eisen zoals comfort of tijd kunnen een rol spelen. Na het formuleren van een hoofdfunctie zoals zich verplaatsen wordt deze opgedeeld in deelfuncties. Deze deelfuncties worden weer opgedeeld in subdeelfuncties. Dit proces gaat door zolang het mogelijk is functies te definiëren. Elke deelfunctie wordt voorzien van een oplossing. Deze functionele decompositie kan met het hamburgerschema van de fiets (figuur 2) inzichtelijk worden gepresenteerd. Het bovenste deel van het broodje geeft de functie weer, het onderste deel de gekozen oplossing.

er dan voor

Wat valt op bij de functionele decompositie van de fiets? De deelfunctie veiligheid, die we als vanzelfsprekend ervaren, zijn voor de hoofdfunctie zich verplaatsen helemaal niet nodig. Dit brengt mij terug bij Oskar de Kieffe. Deze kunstenaar heeft de functie 'zich verplaatsen' als volgt uitgewerkt voor een fiets¹² (figuur 3). Wat we bij de dikke-buizenfiets nog kunnen opmerken is dat de remmen ontbreken. Blijkbaar zijn remmen niet nodig voor de functie 'zich verplaatsen'.

De functionele decompositie van de auto (figuur 4) lijkt in hoofdlijnen op die van de fiets. Het verschil zit in de gekozen oplossingen. De Kieffe vult de functie 'zich verplaatsen' van de auto als volgt in (figuur 5). Deze auto heeft zelfs geen stoelen. Wat ik hiermee wil aantonen is dat het denken en opsplitsen in functies en deelfuncties veel denkwerk vergt en dat ook vanzelfsprekendheden van functie en gekozen oplossing ter discussie worden gesteld. Daarom leidt het opzetten van de functionele decompositie van een product vaak tot stevige discussies. Denk u zelf maar eens aan een gebruiksvoorwerp als een video, hoeveel van de aangeboden (en betaalde) functies gebruikt u nu werkelijk! Voor de nieuwe ingenieur geldt dat deze zich moet bekwamen in het denken in functies bij het zoeken van oplossingen van problemen. Hij/zij moet daarbij bovendien goed kunnen communiceren met vertegenwoordigers van andere disciplines.

Gevolgen van het toepassen van functionele decompositie

Wat is de kracht van de functionele decompositie? Het biedt de mogelijkheid om alle informatie betreffende een product te ordenen volgens een eenduidige productstructuur. Deze productstructuur wordt ook wel het functieproduct-model genoemd. Hiermee is het mogelijk een productinformatie-model op te zetten. Met dit productinformatie model kunnen we gestructureerd alle kennis omtrent een product ordentelijk opslaan in een database. Ook alle computertoepassingen of applicaties kunnen op deze wijze worden gestructureerd. Hierdoor is het mogelijk om toepassingen of applicaties moeiteloos met elkaar te laten communiceren. Voor veel bedrijven vormen applicaties waarvan de gegevens niet in andere systemen zijn te lezen nog steeds een groot probleem. Door voor deze ordening te kiezen, kunnen bedrijven niet alleen sneller werken, maar wordt tevens het aantal fouten fors gereduceerd. Dit levert kostenbesparing op diverse fronten op. Het denken in functies maakt het dus mogelijk een ordentelijke administratie van een technisch ontwerp op te zetten. Dit is onder meer nodig voor de aansluiting bij de bedrijfsinformatiesystemen. U kunt hierbij denken aan de bekende ERP-systemen van firma's als Baan en SAP. Zonder aanpak volgens Integraal Ontwerpen-uitgangspunten is er geen goede koppeling tussen de technische wereld en de ERP-systemen. Kortom, Integraal Ontwerpen maakt eenduidig 'technisch boekhouden' van technische functies mogelijk. Dit is een geweldige sprong voorwaarts, waarvan de gevolgen nog nauwelijks te overzien zijn. We overwegen om voor deze speciale aanpak een term als asset administration te voeren en deze eventueel te deponeren. De leerstoel Integraal Ontwerpen wil aan het ontwikkelen van asset administration grote aandacht besteden.

rh een lere

De horizontale as 'Het denken in de productlevenscyclus, de life cycle'

Met de tweede as worden de gevolgen van Integraal Ontwerpen voor het ontwerp-proces weergegeven. Hierbij staat de productlevenscyclus (de 'life cycle') centraal. Bij de productlevenscyclus betrekken we bij het ontwerp alle fasen van de levenscyclus van een product. Internationaal wordt het ontwerpen volgens de beschouwing van de productlevenscyclus aangeduid met Life Cycle Engineering (LCE)¹³. In het assenkruis (figuur 1) ziet u op de horizontale as de vier hoofdfasen van de levenscyclus van een product of installatie: ontwerpen, maken, gebruiken en afdanken/hergebruiken. Traditioneel krijgt het maken van een product, de productiefase, de meeste aandacht. Dit komt voort uit de gedachte dat de beste prestatie wordt geleverd als er in verhouding tot het totale budget zo goedkoop mogelijk kan worden geproduceerd. Het is echter de vraag of dit verstandig is. Uit de literatuur is bekend dat bij het ontwerpen van een product of een installatie reeds tachtig procent van de uiteindelijke kosten over de levensduur wordt vastgelegd¹⁴. Daarom moet juist aan het ontwerpproces veel meer aandacht worden geschonken.

In de figuur 'kosten over de levenscyclus' (figuur 6) ziet u twee lijnen. De gestippelde lijn A geeft het moment aan dat de toekomstige kosten worden vastgelegd in een ontwerp. Dit is het beste moment voor beïnvloeding van de toekomstige kosten. De doorlopende lijn B geeft de ontwikkeling van de werkelijk te maken kosten weer, de werkelijke uitgaven dus. Als een product eenmaal gemaakt is, is er nog maar over twintig procent van alle later te maken kosten invloed uit te oefenen. Bij Integraal Ontwerpen gaat de aandacht daarom vooral uit naar de ontwerpfase van een product. In de ontwerpfase voldoen we zo goed mogelijk aan alle eisen op

het gebied van gebruik en onderhoud. Alleen op deze wijze kunnen we met het beïnvloedbare deel van de kosten (de genoemde tachtig procent) zo gunstig mogelijk omgaan. In plaats van een oplossing te genereren en te produceren, wordt eerst het probleem of de vraag van de markt (de klant) bestudeerd. Daarna bepalen we welke functie er bij de vraag hoort en gaan we na welke oplossingen er mogelijk zijn. Er worden hierbij altijd meer oplossingen van een functie naast elkaar bekeken. We betrekken daarbij tevens de gewenste levensduur van 10, 20 of zelfs 30 jaar! Door het denken in de productlevenscyclus tijdens het ontwerpen komen aspecten als duurzaamheid, installatie, gebruik, bedieningsgemak, onderhoud, milieu, energie en hergebruik reeds vroeg aan de orde. Ook facetten als robuustheid, betrouwbaarheid, arbeidsomstandigheden, arbeidskosten, grondstoffenverbruik en milieubelasting worden meegenomen. Al deze aspecten en facetten zijn, zoals uit de kostencalculaties blijkt, van grote invloed op de werkelijke kosten gedurende de levensduur. Bij het berekenen van de levensduurkosten ofwel life cycle costs (LCC) zetten we altijd een aantal alternatieven naast elkaar om zo tot de beste oplossing te komen. We kunnen LCC gebruiken zowel bij nieuwbouw van een product of installatie als bij verbetervoorstellen van een bestaand product of een bestaande installatie. Voor het opzetten en doorrekenen van life cycle costs verwijs ik naar Blanks¹⁵.

Bij het ontwerpen wordt gebruik gemaakt van een groot aantal computerapplicaties. Deze applicaties, die de berekeningen bij het ontwerpen ondersteunen, kunnen worden ingericht en geordend volgens de hiervoor beschreven werkwijze. Dit gebeurt volgens de uitkomsten van de trits functionele decompositie, functieproduct-model en productinformatie-model.

n denken

Hier komen we bij een cruciaal punt van Integraal Ontwerpen. Het is mogelijk via dezelfde ordening van functies zowel productkennis als toegepaste applicaties in een databasesysteem onder te brengen. Voor bedrijven die zo werken, zijn de voordelen enorm. Denkt u alleen maar eens aan de toegankelijkheid en het hergebruik van de aanwezige kennis. We spreken wel van twee maal sneller, twee maal beter en twee maal goedkoper met betrekking tot de ontwerpprocessen, de kostenreducties bij de productie en de installatiefase. Het denken in termen van de life cycle engineering en life cycle cost maakt de functie van het ontwerpen (de engineeringfunctie) rijker en aantrekkelijker dan tot nu toe. Het laat tevens zien dat werken in de techniek zich niet beperkt tot zich focussen op een smal terrein, maar dat het aantrekkelijke aspecten kent met veelzijdige carrièreperspectieven. Voor de nieuwe ingenieur heeft het werken in life cycle-termen tot gevolg dat deze gaat denken in ondernemers-termen en dat hij/zij in breder perspectief nadenkt over de gevolgen van het ontwerp voor de gebruiker en voor de omgeving.

De derde as: integratie van disciplines (ict, bedrijfskunde en techniek)

De derde as geeft de plaats aan van de informatie- en communicatie technologie (ict) en bedrijfskunde naast de techniek in Integraal Ontwerpen. We spreken daarom ook wel van de integratie van disciplines.

Ten eerste: de bijdrage van ict. Ict is van groot belang voor het opzetten van een centrale database waarin alle gegevens van de systemen of producten volgens de structuur van het functiedenken (de functionele decompositie) kunnen worden opgenomen. Dit geldt ook voor de toe te passen computerapplicaties. Deze centrale database maakt het medewerkers mogelijk vanuit één punt te werken en daarbij over dezelfde gegevens te beschikken. Voor bedrijven is het van belang om het structureren en ordenen volgens de aangegeven methode op zo groot mogelijke schaal te standaardiseren via branches of clusters van bedrijven. De internationale STEP-aanpak is hier een goed voorbeeld van ¹⁶. De ict-middelen van Integraal Ontwerpen zijn hierdoor uitermate geschikt voor het werken via internet. Dit aspect is niet alleen van belang voor de scholen maar meer nog voor het bedrijfsleven.

Ten tweede: de bijdrage van bedrijfskunde. Bedrijfskunde richt zich in de eerste plaats op de commerciële en marketingaspecten bij het op de markt brengen van producten. Daarnaast speelt de bedrijfskundige systeemleer van In 't Veld een belangrijke rol ¹⁷. Zijn bedrijfskundige organisatiemodellen van de systeemleer zijn toegepast bij het onderzoek naar de beroepsprofielen voor ingenieurs bij dertig bedrijven als onderdeel van het innovatieproject Integraal Ontwerpen. Daarnaast is het internationaal bekende IDEF-O-model om processen door te lichten uitermate

in abstract

geschikt gebleken om organisatieprocessen van informatiestromen in kaart te brengen. Met het IDEF-0 model is het ook mogelijk functionele decomposities van processen uit te voeren. Dit brengt mij op een ander cruciaal punt: bij het invoeren van integraal ontwerpen in een organisatie moet anders gewerkt gaan worden. Om het werken met Integraal Ontwerpen mogelijk te maken (met onder anderen het toepassen van concurrent engineering en collaborative engineering) moet de vertrouwde wijze van organiseren met de vergaande functiedeling (volgens de Amerikaanse organisatiedeskundige Taylor) worden verlaten¹⁸. De bestaande muren tussen de bedrijfsfuncties moeten flink worden verlaagd of zelfs geheel worden geslecht. We noemen dit afbreken van muren het ontschotten van functies in de bedrijven. Hierdoor is het mogelijk dat kennis in een bedrijf gaat stromen en zo wordt gedeeld. Voor het juist toepassen van Integraal Ontwerpen moet kennis worden gedeeld en voor een ieder optimaal ter beschikking staan. Het bijzondere aan kennis is juist dat het zich vermenigvuldigt door het te delen. U begrijpt dat een goed ingerichte database hiervoor onmisbaar is. Integraal Ontwerpen maakt mogelijk dat kennis gaat stromen en is mede daarom zo uniek.

Ten derde: de techniek. We zien techniek in relatie tot ict en bedrijfskunde geplaatst. Techniek moet hierbij ruim worden opgevat en kan meerdere technische disciplines omvatten. Welke techniek wordt toegepast hangt mede van het toepassingsgebied af. We komen hier aan een belangrijk kenmerk van Integraal Ontwerpen: het is toepasbaar bij meerdere vakgebieden.

Afronding rondgang Integraal Ontwerpen

Bij Integraal Ontwerpen zoals hiervoor met het assenkruis (figuur 1) uiteengezet, is er sprake van de integratie van drie grote gedaaenlijnen die elkaar versterken: 'het geheel van IO is meer dan de som der delen'. Het unieke van Integraal Ontwerpen is dat producten en installaties volgens een structurele opzet in de informatietechnologie worden opgenomen. Hierdoor is het mogelijk alle kennis van deze producten op te slaan. Op deze wijze is deze kennis niet alleen onbeperkt toegankelijk, maar kan het ook onbeperkt worden hergebruikt. Het invoeren van Integraal Ontwerpen heeft ook gevolgen voor de structuur van een organisatie. Concurrent en collaborative engineering vragen binnen de bedrijven om een andere vorm van samenwerken en organiseren. Maar de voordelen zijn groot, denk aan: sneller, beter, goedkoper. Bij Integraal Ontwerpen is het ontwerpproces gebaseerd op de productlevenscyclus. Hierdoor worden veel meer aspecten dan voorheen meegewogen. De klantenwensen staan hierbij centraal. Tenslotte biedt Integraal Ontwerpen de arbeidsmarkt kansen door de integratie van ict-, bedrijfskundige - en technische elementen. Techniek kan zich presenteren met aantrekkelijke carrièreperspectieven.

de functies

Het hbo-project Integraal Ontwerpen

In het voorafgaande heb ik u aangegeven dat de visitatiecommissie werktuigbouwkunde de hbo-opleidingen heeft aanbevolen het gedachtegoed van Integraal Ontwerpen te gebruiken voor de vernieuwing van het onderwijsprogramma.

Drie hogescholen (Hogeschool van Utrecht (HvU), Technische Hogeschool Rijswijk (THR) en de Hogeschool Arnhem-Nijmegen (HAN)), namen in 1995 de handschoen op. Mijn betrokkenheid bij Integraal Ontwerpen dateert vanaf dat ogenblik, toen ik als voorzitter van de stuurgroep het hbo-innovatieproject Integraal Ontwerpen heb mogen leiden. Samen met het Ingenieursbureau TLO Holland Controls en Stork RMS te Lichtenvoorde is het hbo-innovatieproject Integraal Ontwerpen ontwikkeld en uitgevoerd¹⁹. Gestart werd met een onderzoek naar de mogelijkheden van Integraal Ontwerpen bij dertig toonaangevende bedrijven. Deze bedrijven werden geselecteerd met behulp van de werkgeversorganisatie FME/CWM (Federatie Metaal- en Elektro-industrie/ Contactgroep Werkgevers in de Metaal). Bij deze bedrijven werd nagegaan welke beroepsprofielen er mogelijk zijn op basis van Integraal Ontwerpen en wat de gevolgen zijn voor de op te leiden 'nieuwe ingenieur'²⁰. Er is grote behoefte aan breed opgeleide ingenieurs en maar in beperkte mate aan specialistisch opgeleide ingenieurs, concludeerde het rapport. Het resultaat van het hbo-innovatieproject mag er zijn²¹: Een hbo-onderwijspakket met 42 standaard lesmodules. Hiermee zijn alle hiervoor geschetste aspecten van Integraal Ontwerpen afgedekt. Dit pakket modules is de basis van de verder te ontwikkelen onderwijsprogramma's.

Een WErktuigBouwkundig InformatieModel, kortweg het Webim-model. Voor het innovatieproject Integraal Ontwerpen is de database van het Webim-model op basis

van hiervoor beschreven principes ontwikkeld en geordend. Het internationale STEP-model is hierbij als uitgangspunt gebruikt en toegesneden op de werktuigbouwkunde. Via een speciaal ontwikkeld integratieprogramma kunnen de beschikbare computerprogramma's in de daarvoor bestemde Webim-schil worden geïntegreerd (zie figuur 7). Hierdoor kunnen deze applicaties over de functiegrenzen heen met elkaar communiceren en kunnen we kennis laten stromen. We noemen een aantal applicaties, die gebruikt worden in het Webim-model:

- op het gebied van betrouwbaarheid: RCM Costs en FMECA
- op het gebied van levensduurkosten: LCC Lite
- op het gebied van onderhoud: ISTOD.

Zodra de betrokken partners dit project in 1998 hadden voltooid, is besloten de samenwerking voort te zetten binnen het verband van de Maatschap Integraal Ontwerpen. Sinds die tijd fungeer ik als voorzitter van de stuurgroep van deze Maatschap. Waarom deze voortzetting van de samenwerking? In ons IO-onderwijspakket is unieke kennis samengebracht. Met dit pakket lopen we voor op Nederlandse en zelfs buitenlandse ontwikkelingen. Van meerdere kanten is er belangstelling, in het bijzonder vanuit het bedrijfsleven. Onder de naam IO Vivat zijn we daarom in de eerste helft van 1998 met vervolgactiviteiten gestart. Het eerste project betrof Integraal Ontwerpen voor het mbo. De opzet was vergelijkbaar met die van de hbo-onderwijsmodules. Dit project kwam voort uit de gedachte dat het niet alleen nodig is om generaals voor het bedrijfsleven op te leiden, maar ook sergeant-majors. Iedere hogeschool uit de Maatschap IO benaderde hiervoor een regionaal opleidingscentrum (ROC) in de eigen regio. Een onderwijspakket met mbo-lesmodules en een nieuwe versie van het informatiemodel Webim is het resultaat.

in plaats v

Het tweede project betrof de samenwerking met bedrijven die machines en apparaten maken voor de voedings- en genotsmiddelenindustrie (GMV-bedrijven, een branche van FME/CWM). Het afgelopen voorjaar heeft een workshop Integraal Ontwerpen plaatsgevonden. Hieraan is door een vijftiental GMV-bedrijven deelgenomen. Sindsdien is er sprake van een doorbraak bij deze bedrijven met betrekking tot het inzicht van de mogelijkheden van Integraal Ontwerpen. Voor dit project bieden de hogescholen en ROC's trainingen aan en zetten recent afgestudeerden in als IO-trainees. Een samenwerking tussen onderwijs en bedrijfsleven die uniek is in Nederland. De nieuwe IO-kennis, ontwikkeld op de hbo's en mbo's, wordt op deze wijze mede via trainees verspreid. Naast deze twee projecten wordt er ook gewerkt aan andere projecten. Ik noem er enkele:

- een mastercursus Integraal Ontwerpen in de Gebouwde Omgeving voor de installatie- en bouwwereld. Deze cursus is begonnen in november 2000;
- een mastercursus Integraal Ontwerpen op het gebied van de Werktuigbouwkunde met bedrijven;
- de ontwikkeling van een mbo-topcursus Integraal Ontwerpen voor de installatiebranche E en W, met diverse bedrijven, de Uneto en de VNI;
- een breedtestrategie van IO-hbo-werktuigbouwkunde naar andere hbo-instellingen;
- de introductie van IO bij andere FME/CWM-branches, zoals bij de scheepsbouw (VNSI).

U ziet aan de veelheid van de lopende projecten dat Integraal Ontwerpen begint te landen in Nederland. Het moge duidelijk zijn dat de leerstoel Integraal Ontwerpen bij het verder ontwikkelen en uitbreiden van deze projecten een voorname rol wil gaan spelen.

Het profiel van de nieuwe ingenieur

Ik wil nu ingaan op het profiel van de nieuwe ingenieur, die wij willen gaan opleiden. Hierbij komt op de uitspraak van de Renaissance-kunstenaar Michelangelo, die over zijn beeldhouwwerk zei: 'Ik hoefde het beeld maar uit het marmer te bevrijden'. En wij gaan nu het beeld van de nieuwe ingenieur, het profiel van de nieuwe technicus bevrijden uit het geschetste domein van Integraal Ontwerpen. Ik kom terug op de aannames die ik in de inleiding heb gedaan:

Integraal Ontwerpen maakt het beroep van ingenieur breder en daardoor aantrekkelijker.

Integraal Ontwerpen maakt de keuze voor techniek verleidelijker.

De vraag is nu: wat zijn de gevolgen van Integraal Ontwerpen voor het beroep van de nieuwe ingenieur en voor de techniek in het algemeen? Op het genoemde symposium Alice in Wonderland hebben we stilgestaan bij de toekomst van de werktuigbouwkundig ingenieur²². Enige belangrijke conclusies van dit symposium waren: maak ruimere beroepsprofielen dan tot nu gebruikelijk is met de levenscyclus als leidraad en geef de creativiteit weer de ruimte in het ingenieursberoep. Ik noemde dit creatieve element het 'Alice-gevoel'. We zouden kunnen zeggen Integraal Ontwerpen met een creatieve lading. In het rapport 'Een nieuwe industrie in een nieuwe economie' wordt beargumenteerd dat werken met Integraal Ontwerpen afwisselend en uitdagend is²³.

Van in conc

De eisen die aan werktuigbouwkundig werk, beter gezegd aan ingenieurswerk, worden gesteld nemen in de breedte toe. Denk hierbij aan het omgaan met eisen op het gebied van optimale veiligheid, robuustheid, duurzaamheid, energiezuinigheid en recycling. Om dit te bereiken is werken in teamverband nodig. De nieuwe ingenieur voert overleg met medewerkers uit andere disciplines, zoals elektrotechnici en informatici. Dit vraagt naast technische kennis ook om vaardigheden op sociaal en communicatief gebied. Commercieel denken, ondernemerschap en zicht hebben op bedrijfsprocessen zijn eveneens onmisbaar.

De nieuwe ingenieur:

- kan methodisch denken en handelen (as abstraheren, functie denken);
- heeft oog voor de samenhang van verschillende fases in de levenscyclus (as levenscyclus, integratie van levensduurfuncties);
- slaat een brug tussen technische, bedrijfskundige en ict-kennis (as integratie van disciplines);
- heeft een brede kennis op het terrein van de werktuigbouwkunde;
- is communicatief en sociaal vaardig;
- is creatief en innovatief;
- kan werken in teamverband.

Integraal Ontwerpen is een nieuwe werkwijze die vraagt om een nieuwe ingenieur. Deze nieuwe werkwijze maakt het werken in de techniek veelzijdiger en aantrekkelijker. Ook zijn carrièrepaden mogelijk waarin het woord techniek niet of nog maar terzijde voorkomt. Ik wil hier graag zeggen dat werken in de techniek volgens de Integraal Ontwerpen-uitgangspunten verleidelijk is. Nu gaat het erom dit duidelijk te maken aan jongeren die voor hun studiekeuze staan. De leerstoel Integraal Ontwerpen wil aan de beeldvorming van de techniek als een aantrekkelijke werkplek met een breed carrièreperspectief een expliciete bijdrage leveren.

crete oplos

Leerstoel Integraal Ontwerpen

Ik wil nu dieper ingaan op de onderwerpen waarop ik me als lector Integraal Ontwerpen ga richten. Naast het verzorgen van onderwijs, het ontwikkelen van onderwijsprogramma's, het trainen van docenten en het verder ontwikkelen van de IO-leermiddelen, komt ook toegepast onderzoek op de agenda. Ik wil hier wat gaan spelen met het in de inleiding genoemde werk van de kunstenaar Oskar de Kieffe en met de zin: 'het geheel is meer dan de som der delen'. Het woord leerstoel is naar mijn mening wat statisch en daarom kies ik voor het meer dynamische woord 'leervoertuig' of beter leermobiel en wel in de vorm van de fiets. Mijn fiets, de leermobiel, zal ik voor u als volgt samenstellen: We zien weer voor ons het bekende hamburgerschema, de hoofdfunctie 'Opleiden van Nieuwe Ingenieurs' en de oplossing is de 'leermobiel'. We komen nu aan bij de deelfuncties structuur, aandrijven, sturen en vertragen (figuur 8).

Structuur

We beginnen met de deelfunctie structuur (oplossing: het onderwijspakket). De structuur bestaat uit het reeds ontwikkelde onderwijspakket. Het verder ontwikkelen van dit pakket en de IO-leermiddelen vraagt aandacht. Door de snelle ontwikkelingen op het gebied van ict kost het up-to-date houden van IO-leermiddelen niet alleen veel tijd maar ook veel geld. Hier zie ik een duidelijke rol weggelegd voor de leerstoel om fondsen te werven om de IO-leermiddelen op peil te houden. Fondsen die onder meer door het bedrijfsleven (branches) en de overheid ter beschikking moeten worden gesteld.

Aandrijven

De deelfunctie aandrijven bestaat uit het toegepast onderzoek. Dit is een relatief nieuw fenomeen in het hoger beroepsonderwijs waar ik veel van verwacht. De onderwerpen van onderzoek liggen op het gebied van duurzaam bouwen, op het gebied van het industriële onderhoud en op het nieuwe gebied van asset administration. Op de twee eerstgenoemde gebieden heb ik reeds mijn sporen verdiend en ook voor het derde gebied wil ik me graag gaan inzetten. Voor elk onderzoeksgebied geef ik enige mogelijkheden.

Bij duurzaam bouwen gaat het in het bijzonder om het toepassen van warmtepompen en (kleine) warmtekrachtcentrales in de bebouwde omgeving. Hier ontmoeten de werelden van de bouwmeester en de installateur elkaar maar op een heel andere wijze dan traditioneel in deze werelden gebruikelijk was. Ze moeten beiden schuiven om aan de eisen van de overheid en de markt te voldoen. Een nieuw uitgekend installatieconcept moet worden ontwikkeld. Ik wil een bijdrage leveren aan het opzetten van integrale ontwerpmodellen op dit terrein en aan het opzetten van de daarbijbehorende de LCE/LCC-modellen.

Het tweede onderwerp van onderzoek ligt op het gebied van het onderhoud. Ik heb beargumenteerd dat gebruik en onderhoud een belangrijk deel is van de levenscyclus. Aan onderhoud wordt in Nederland veel meer uitgegeven dan velen vermoeden. Ramingen gaan in de richting van 12 procent van het nationaal inkomen. Dus we praten over bedragen in de orde van grootte van 100 miljard gulden op jaarbasis. Bij het industriële onderhoud is er een tendens om de gegevens van de

ssingen en bij

installatie via bepaalde parameters terug te koppelen naar de ontwerptafel om zo verbeteringen in de procesvoering te initiëren. Hiervoor wordt onder meer de performance indicator gebruikt. De afgelopen jaren heb ik de Bovenhoud Performance Indicator ontwikkeld, die hierbij een belangrijke rol kan gaan spelen. U begrijpt dat ik in de verdere ontwikkeling hiervan energie wil steken.

Het laatste gebied van onderzoek zal liggen op het terrein van het hiervoor geïntroduceerde begrip 'asset administration'. Dit is in deze vorm nog geheel nieuw en zal een uitdaging voor mij betekenen dit terrein mede te mogen ontginnen. Ik ben voornemens om over de resultaten van het toegepast onderzoek te publiceren.

Sturen

Sturen staat voor: waar willen we heen? Naar het opleiden van die nieuwe, spannende ingenieurs. Hiervoor zijn interessante en uitdagende onderwijsprogramma's nodig. De leerstoel wil hier een belangrijke bijdrage aan leveren. Hierbij hoort ook het opleiden van docenten in het gedachtegoed van Integraal Ontwerpen. Het trainen van docenten is overigens een nieuw onderwerp. Bij Integraal Ontwerpen zijn docenten nodig die product- en procesgericht kunnen denken en handelen. De werkwijze van 'train de trainer' is hiervoor een goede formule. De leerstoelhouder ziet hier voor zichzelf een leidende rol weggelegd.

Vertragen

Het remsysteem is er om te voorkomen dat de leerstoelhouder verdwaalt in te veel en te snel. Gezien de potentie van de activiteiten van de leerstoel lijkt een goed remmechanisme wel op zijn plaats. We zien met deze vier deelfuncties de volgende leermobiel ontstaan: dames en heren, de leermobiel Integraal Ontwerpen, is het geen plaatje (zie figuur 8). Het is een van de fietsen van Leontien van Moorsel, waarop zij goud heeft gewonnen op het wereldkampioenschap op de baan in Kopenhagen in september 2002. U ziet: het geheel is meer dan de som der delen. Wat een uitstraling, ik hoop dat de leerstoel Integraal Ontwerpen ook zo zal stralen in de toekomst.

het omga

De afronding

Ik wil nu graag komen tot de afronding. Ik heb u ingewijd in het gedachtegoed van Integraal Ontwerpen. Ik heb u duidelijk willen maken hoe dit concept van invloed is op de werkwijze in de industrie en op de eisen die aan die nieuwe ingenieur worden gesteld. Integraal Ontwerpen is dé nieuwe werkwijze voor dé nieuwe ingenieur.

Ik heb opgemerkt dat we voor de uitdaging staan het verruimde carrièreperspectief van werken in de techniek met veel aantrekkelijke doorgroeimogelijkheden aan een ieder, in het bijzonder de jeugd bekend te maken. Overigens bleek uit de reacties uit het bedrijfsleven dat met de opzet van Integraal Ontwerpen de scholen voorlopen op de industrie! U hoort het goed: de scholen lopen voor en kunnen kennis brengen! Bovendien lopen we in Nederland met Integraal Ontwerpen voor op het buitenland. Ik heb u bewust met enige eenvoudige voorbeelden de mogelijkheden van Integraal Ontwerpen laten zien. Verder wil ik hier opmerken dat Integraal Ontwerpen haast geschapen lijkt voor het medium internet. Uitvoerig heb ik de werkzaamheden uiteengezet die de leerstoel gaat verzorgen: onderwijs en toegepast onderzoek. Vooral dit laatste is nieuw voor het hbo en de uitdaging lonkt.

Ruim dertig jaar geleden ben ik aan de TU Delft opgeleid als ontwerper. In het bedrijfsleven heb ik daarna diverse posities bekleed. Bij de werkzaamheden bevond ik mij vaak op het snijvlak van techniek en andere disciplines, zoals bedrijfseconomie, econometrie en operations research. Ik moet u zeggen dat ik mij daar altijd op mijn plaats heb gevoeld. Integraal Ontwerpen betekent voor mij dat stukjes van verschillende disciplines op hun plaats vallen.

In de komende jaren wil ik mij als lector op het vakgebied van Integraal Ontwerpen in het bijzonder richten op de snijvlakken tussen disciplines. Hierbij zullen in mijn gedachten twee uitspraken over Integraal Ontwerpen meespelen. De eerste uitspraak is: 'Kennis moet je delen' en in het bijzonder de tweede, die ook als leidraad diende in mijn betoog van vandaag: 'Het geheel is veel meer dan de som der delen'.

Als laatste wil ik van de gelegenheid gebruik maken een aantal mensen te bedanken: Alexander Udink ten Cate, de voorzitter van de Faculteit Natuur en Techniek. Jij hebt het initiatief genomen tot het instellen van de leerstoel IO en mij gevraagd de verleiding van dit lectoraat aan te gaan. Hiervoor ben ik je zeer erkentelijk. Met enthousiasme heb ik deze uitdaging aanvaard. Jan de Bruin, jou wil ik bedanken voor de mogelijkheid die jij mij geboden hebt om binnen het Post Tertiaire Onderwijs (PT Opleidingen) het domein van het industriële onderhoud te ontwikkelen. Dit heeft geresulteerd in een toonaangevend opleidingspakket op hbo-gebied met een Master-opleiding als parel op de kroon. Theo Lohman, die als lid van de visitatiecommissie werktuigbouwkunde, Integraal Ontwerpen op de kaart heeft gezet in het hbo en vervolgens in heel Nederland. Jij hebt mij ingewijd in Integraal Ontwerpen, waarvoor ik je bedank. Sindsdien hebben we samen in talloze voorlichtingsrondes op vele plaatsen uitgelegd wat IO inhoudt. Jij als vertegenwoordiger van het bedrijfsleven en ik als vertegenwoordiger van het onderwijs. Arie Kraaienveld (FME), Jan Hak (FME-GMV) en Herman Eekels (Croon, Uneto: grote bedrijven) wil ik hier noemen omdat zij niet alleen door het IO-gedachtegoed zijn gegrepen, maar vooral omdat zij in hun bedrijfstak hun respectieve achterban hebben weten te mobiliseren en voor projecten en fondsen hebben gezorgd.

aan met vra

Ik wil hier tevens de docenten bedanken die hebben meegewerkt aan het HBO-project Integraal Ontwerpen. In het bijzonder die van de afdeling Industriële Techniek: Ype Schouwstra, Bert van Huygevoort, Jan Gerritsen, Ger de Pijper, Raymond Albers, Marc Pallada en Marco van Onzen. Jan Oomens, jou bedank ik voor je inspanningen om de interfaculteit Integraal Ontwerpen te starten. Verder wil ik iedereen bedanken die mij heeft geholpen bij het voorbereiden van deze middag. Als laatste wil ik bedanken Ine, mijn echtgenote. Niet alleen voor jouw onvoorwaardelijke steun, maar ook voor de wijze waarop jij weet te reflecteren op mijn groot enthousiasme voor Integraal Ontwerpen.

Ik wil eindigen met een citaat van Erasmus ter relativering. Hij schrijft in zijn Lof der Zotheid: 'En wat te zeggen van degenen die kunsten en wetenschappen doceren? Want zij allen hebben een zo bijzondere eigenliefde dat je onder hen eerder iemand vindt die afstand wil doen van zijn vaders stukje grond dan van zijn verstandelijke begaafdheid' ²⁴.

Bedankt voor uw aandacht, ik heb gezegd.

Tim Zaal

Noten

1. **Kieft, Oskar de (2000).** 40% auto. Centrum Beeldende Kunst Provincie Utrecht, Amersfoort.
2. **Veld, J. in 't (1983).** Analyse van organisatieproblemen: een toepassing van denken in systemen en processen. Elsevier, Amsterdam/Brussel.
3. **Zaal, T.M.E. (1999).** Alice in Wonderland: symposiumboek. Hogeschool van Utrecht, Utrecht.
4. **Visitatiecommissie Werktuigbouwkunde (1994).** Werktuigbouwkunde, eindrapport van de visitatiecommissie, HBO-raad, Den Haag.
5. **Visitatiecommissie Werktuigbouwkunde (1994).** Werktuigbouwkunde, eindrapport van de visitatiecommissie, HBO-raad, Den Haag.
6. **Werkgroep Bedrijfszekerheid, Onderhoudstechnologie en Onderhoudsmanagement (1996).** Anders omgaan met techniek, BOO-interim rapport. TU Delft, Delft.
7. **Shah, J.J. e.a. (1996).** **Research Opportunities in Engineering Design.** Final Report NSF Strategic Planning Workshop. Arizona State University, Phoenix.
8. **Reterink, J. (2000).** 'Concurrent en collaborative engineering in de bouw'. In: Technieus, jaargang 38, nummer 2, maart.
9. **Bruijn, A.T. de (1995).** Definitierapport Integraal Ontwerpen in het hoger beroepsonderwijs. Maatschap Integraal Ontwerpen, Utrecht.
10. **Veld, J. in 't (1983).** Analyse van organisatieproblemen: een toepassing van denken in systemen en processen. Elsevier, Amsterdam/Brussel.
11. **Zaal, T.M.E. (2000).** Industrieel Onderhoud. Hogeschool van Utrecht, Utrecht.

aggen of pro

12. **Kieft, Oskar de (2000).** 40% auto. Centrum Beeldende Kunst Provincie Utrecht, Amersfoort.
13. Zie: BOO-interim rapport (1987), Shah, J.J. e.a. (1996).
14. **Boshuizen, D.C. (1993).** 'Kosten van technologie en infrastructuur kunnen lager'. In: Mechanische Technologie, oktober. Zie ook: 4. en 5.
15. **Blanks, H.S. (1992).** Reliability in procurement and use. John Wiley & Sons, Chichester.
16. **Dijk, Wybe J. en Harm-Jan Smit (2000).** 'STEP laat informatiesystemen communiceren'. In: OTM, september.
17. **Veld, J. in 't (1983).** Analyse van organisatieproblemen: een toepassing van denken in systemen en processen. Elsevier, Amsterdam/Brussel.
18. **Zeiler, W. (2000).** 'Concurrent engineering of geïntegreerd ontwerpen?' In: TVVL Magazine, jaargang 29, nummer 12, december.
19. **Bruijn, A.T. de (1995).** Definitierapport Integraal Ontwerpen in het hoger beroepsonderwijs. maatschap Integraal Ontwerpen, Utrecht.
20. **Lohman, T.A.M. (1997).** Onderzoek beroepsprofielen Integraal Ontwerpen. Maatschap Integraal Ontwerpen, Utrecht.
21. **Bruijn, A.T. de (1998).** Eindrapport innovatieproject Integraal Ontwerpen. Maatschap Integraal Ontwerpen, Utrecht.
22. **Zaal, T. M.E. (1999).** Alice in Wonderland: symposiumboek. HvU, Utrecht.
23. **Timmermans, H. (2000).** De nieuwe industrie in een nieuwe economie. Task management, Den Bosch.
24. **Erasmus, D. 1969.** Lof der Zotheid. Spectrum. [z.p.] (oorspr.: Op het land, 9 juni 1508)

Curriculum Vitae

Ir. Tim Zaal (1943) behaalde zijn diploma werktuigbouwkundig ingenieur aan de TU Delft. Hij had diverse functies in het bedrijfsleven: DSM, Wessanen Nederland, Stork-Werkspoor Diesel Amsterdam. In 1985 stapte hij over naar het onderwijs. Hij begon als docent operationeel management en werd vervolgens unitmanager AOT/HIT opleidingen. Vanaf 1995 was Zaal directeur van de afdeling Industriële Techniek. Op 1 augustus 2000 werd hij benoemd tot fulltime lector Integraal Ontwerpen aan de Hogeschool van Utrecht.

oblemen.

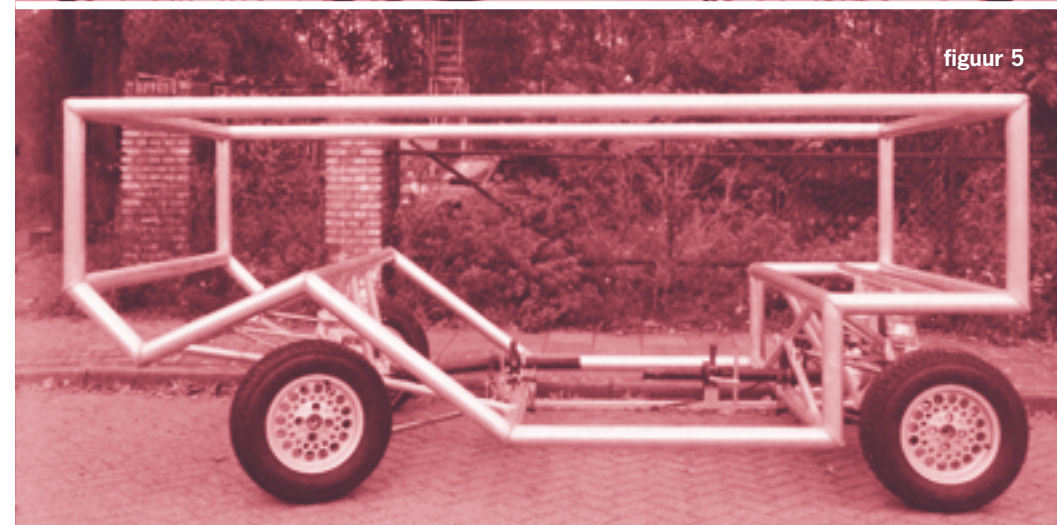
Integral Design, a new temptation in technology

Integral Design (ID) is a new, client-oriented method for design within mechanical engineering. ID designers take user requirements, environmental requirements and the life span of the equipment into account during the design phase of machines and industrial systems. In addition, all information concerning use and maintenance is stored in a universal software system, so this often unique information remains accessible and can be reused. During the open lesson, Mr Zaal will explain the concept of Integral Design. Aspects such as 'the ability to abstract by thinking in functions', 'thinking in terms of the product life cycle' (Life Cycle Engineering, Life Cycle Costs) and the integration of disciplines (technology, ICT and management science) will be elaborated and clarified on the basis of concrete examples. The meaning of Integral Design for the engineer of the future forms the common theme of his argument. According to Zaal, ID makes the engineer's profession, and thereby the choice for technology, more attractive. From his position as chair in Integral Design, Mr Zaal wishes to address the following subjects:

- The development and keeping up-to-date of ID teaching aids, partly through fund-raising;
- The training of teachers in ID ideas through train-the-trainer programmes;
- The initiation of applied research in the areas of industrial maintenance, sustainable construction and asset administration.



figuur 3



figuur 5

