



Integraal ontwerpen

Handboek voor methodisch ontwerpen,
innovatie, communicatie en analyse

Piet Delhoofen

Eerste druk



Noordhoff Uitgevers

Integraal ontwerpen



Integraal ontwerpen

*Handboek voor methodisch ontwerpen,
innovatie, communicatie en analyse*

Piet Delhoofen

Noordhoff Uitgevers Groningen | Houten

Ontwerp omslag: Studio Frank & Lisa, Groningen
Omslagillustratie: Getty Images

Eventuele op- en aanmerkingen over deze of andere uitgaven kunt u richten aan: Noordhoff Uitgevers bv, Afdeling Hoger Onderwijs, Antwoordnummer 13, 9700 VB Groningen, e-mail: info@noordhoff.nl

0 1 2 3 4 5 / 14 13 12 11 10

© 2010 Noordhoff Uitgevers bv Groningen/Houten, The Netherlands.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.cedar.nl/reprorecht). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.cedar.nl/pro).

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

ISBN (ebook) 978-90-01-84753-1
ISBN 978-90-01-77132-4
NUR 960

Woord vooraf

Integraal Ontwerpen is ontwikkeld omdat hbo-docenten aangaven behoefte te hebben aan een nieuw integraal en praktijkgericht leerboek, dat zowel technieken behandelt om tot een integrale multidisciplinaire manier van samenwerken te komen alsook tot een systematische aanpak van het ontwerpproces. Het is een gedeeltelijke bewerking van het *Handboek Ontwerpen*, van dezelfde auteur. In deze nieuwe uitgave krijgt met name Methodisch Ontwerpen extra aandacht.

Waarom dit leerboek? De komende decennia is het een uitdaging voor industriële bedrijven in Nederland, voor de overheid en onderwijsinstellingen om het enorme potentieel aan technische, commerciële en bedrijfskundige kennis te gelde te maken. De potentiële kracht van de Nederlandse industrie is gelegen in een effectieve kennistransfer tussen ondernemingen. De overheid stimuleert deze kennistransfer door een belangrijke rol toe te kennen aan onderzoeksinstellingen. Bedrijven kunnen zich deze kennis eigen maken door nieuwe mensen in dienst te nemen, waarbij de voorkeur uitgaat naar jonge, goedkope, flexibele specialisten, die vervolgens moeten samenwerken met de ervaren praktijkexperts.

Maar dan begint het pas. Als de Nederlandse industriële bedrijvigheid aan betekenis wil winnen, zal er veel enthousiasme en energie gestoken moeten worden in het uitbouwen van hoogwaardige en complexe technologie. Dit kan alleen maar op een effectieve manier gebeuren als specialisten op het uitvoerend niveau intensief samenwerken en als teamwork eerder regel dan uitzondering is. Communicatieve vaardigheden en collectieve creativiteit zijn hoger te waarderen dan individualistische prestatiezucht en monodisciplinair denken.

Hiermee is ook het grootste probleem aangestipt. Niet het gebrek aan kennis zal ons op achterstand zetten, maar misschien wel de gebrekkige wijze waarop wij met onze hoogwaardige kennis omgaan. Technici hebben niet de natuurlijke neiging om in teamwork taken uit te voeren. Ons schoolsysteem, onze technische opleidingen, ons beloningssysteem en ons promotiebeleid zijn gebaseerd op het honoreren van prestaties van individuen. Wat telt is hoe goed iemand in zijn vak is, niet hoe goed iemand kan samenwerken. En dat terwijl het Nederlandse bedrijfsleven het van die coöperatie juist moet hebben, wil het op de wereldmarkt zijn voorsprong in hightech behouden. Immers, als de politieke voorwaarden vervuld zijn, zullen het de technici zijn die oplossingen moeten aandragen voor problemen van voedselproductie, gezondheid, milieuvervuiling, energievoorziening en de productie van goederen en diensten.

De toenemende complexiteit van de samenleving heeft in het onderwijsveld tot een herbezinning geleid op het pedagogisch-didactische systeem. Maar we staan nog pas aan het begin van een ontwikkeling. De betekenis daarvan is tot het grote publiek en de politiek nog niet doordrongen. Terwijl scholen praten over thematisch onderwijs,

over groepswerk en assessments gaat het in de volksmond en de media nog steeds over vakken, klassikaal onderwijs en proefwerken. Voor veel scholen is het paradigma niet: vakkennis overdragen maar leren hoe te leren, *teaching to learn*, zodat afgestudeerden goed zijn toegerust voor een snel veranderende complexe samenleving.

Met onze didactische aanpak willen we het competentieprofiel verbreden van studenten die ontwerper willen zijn. Kennis alleen is niet voldoende om een product te kunnen ontwerpen, er zijn vele aanvullende vaardigheden nodig. Die vaardigheden, of het tekort daaraan, komen tot uiting als concrete resultaten worden gevraagd. Pas in de praktijk blijkt of ontwerpers hun kennis kunnen toepassen, of ze multidisciplinair kunnen samenwerken, of ze kunnen anticiperen op alle volgende stappen in de productlevenscyclus en of ze voldoende in het ondernemersdenken zijn ingevoerd om de juiste technisch-strategische beslissingen te kunnen nemen. Kennis is dus wel een voorwaarde maar nog lang geen garantie voor succes; vandaar dat er veel praktijkoefeningen zijn opgenomen in dit boek.

Het hoofdstuk Methodisch ontwerpen is geënt op het gedachtegoed van prof. dr. ir. H.H. van den Kroonenberg (hoogleraar in het vakgebied Ontwerp- en Constructieleer van 1972-1991, faculteit der Werktuigbouwkunde, Universiteit Twente). Gebruikers van dit boek maken kennis met een methodische aanpak bij het ontwerpen, zonder daarin dwingend te zijn. Ieder kan vervolgens zelf beoordelen welke bestanddelen van het methodische ontwerpproces bruikbaar zijn en welke minder.

Daarnaast stelt de uitgever een website beschikbaar met aanvullende teksten en veel oefenopdrachten. Bovendien bevat de site een honderdtal interessante actuele links. Zie www.integraalontwerpen.noordhoff.nl

Eindhoven, 2010
Ir. Piet Delhooven



Inhoud

Studiewijzer 9

- 1 Wat is ontwerpen? 11**
 - 1.1 Integraal ontwerpen 12
 - 1.2 Het werkveld van de ontwerper 14
 - 1.3 Methodisch ontwerpen 15
 - 1.4 Hulpmiddelen in het ontwerpproces 16
 - 1.5 Simultaan versus sequentieel 17
 - 1.6 Studieopdrachten 19

- 2 Visies op ontwerpen 21**
 - 2.1 Wat is ontwerpen? 22
 - 2.2 Vierdeling in ontwerpen 24
 - 2.3 Visies vanuit integraal ontwerpen 26
 - 2.4 Bepalen favoriete invalshoek 26
 - 2.5 Ontwerpscholen 28
 - 2.6 Definities ontwerpen en ontwerpproces 32
 - 2.7 De managementgoden 33
 - 2.8 Studieopdrachten 35

- 3 Integraal ontwerpen 37**
 - 3.1 Het opspannen van de IO-ruimte 39
 - 3.2 Multidisciplinair samenwerken 40
 - 3.3 Levenscyclusgericht ontwerpen 44
 - 3.4 Ondernemingsgericht handelen 49
 - 3.5 Studieopdracht 54

- 4 Methodisch ontwerpen 55**
 - 4.1 Realiseringsproces 56
 - 4.2 Vooronderzoek 58
 - 4.3 Probleemdefiniërende fase 58
 - 4.4 Keuzebepalende fase 65
 - 4.5 Werkwijzebepalende fase 66
 - 4.6 Vormgevende fase 69
 - 4.7 Studieopdrachten 71

- 5 Creativiteitstechnieken 73**
 - 5.1 Het geheim van creativiteit 75
 - 5.2 Brainstormen 82
 - 5.3 Checklistmethoden 84
 - 5.4 Synergetische technieken 85
 - 5.5 Schematiseren van informatie 92
 - 5.6 Studieopdrachten 98

- 6 Keuzetechnieken 99**
 - 6.1 Kiezen op hoogste waarde 100
 - 6.2 De Kesselringmethode 103
 - 6.3 Studieopdrachten 109

- 7** **Quality function deployment** 111
 - 7.1 Ontwerpen vanuit klantentaal 112
 - 7.2 Stappenplan QFD 117
 - 7.3 Studieopdrachten 123

- 8** **Waardeanalyse** 125
 - 8.1 Wat is waardeanalyse? 126
 - 8.2 De methode WA 127
 - 8.3 Stappenplan WA-onderzoek 129
 - 8.4 Voorbeeld: WA op een perforator 139
 - 8.5 Studieopdrachten 141

- 9** **Design for assembly** 143
 - 9.1 De DFA-methode 145
 - 9.2 Voorbeelden van de DFA-methode 154
 - 9.3 Studieopdrachten 159

- 10** **Failure mode and effect analysis** 161
 - 10.1 Werkwijze FMEA 162
 - 10.2 Verminderen onderhoudskosten 164
 - 10.3 Studieopdrachten 167

- 11** **Green Design** 169
 - 11.1 Duurzaamheid 170
 - 11.2 De eindige aarde 171
 - 11.3 Duurzaam ontwerpen 174
 - 11.4 Studieopdrachten 180

- 12** **Technisch innoveren met TRIZ** 183
 - 12.1 TRIZ: een hermetische methode 184
 - 12.2 TRIZ-voorbeelden 191
 - 12.3 Studieopdrachten 208

- 13** **Samenwerkende technici** 211
 - 13.1 Individu versus groep 212
 - 13.2 Verschil in visies 214
 - 13.3 Groepsvorming 215
 - 13.4 Teambegeleiding 217
 - 13.5 Stimuleren en motiveren 218
 - 13.6 Visualiseren van effectiviteit 219
 - 13.7 Studieopdrachten 224

Literatuuroverzicht 227

Register 229

Lijst met afkortingen 231



Studiewijzer

Ontwerpen is een zaak van creatieve technische constructeurs, commerciële mensen, industrial designers, researchers en toeleveranciers. Zij allen opereren vanuit verschillende culturen, met eigen normen en waarden. Hun gemeenschappelijk doel is om snel tot kostenreductie en productoptimalisatie te komen. Dit boek poogt te voorzien in de behoefte aan het aanleren van praktische werkwijzen, de juiste attitude en voldoende sociale vaardigheden.

Het zou voor het hoger onderwijs een brevet van onvermogen zijn als het bedrijfsleven zich moet inspannen om de tekortkomingen van het onderwijs op eigen kracht weg te werken.

Centraal in dit boek staat dan ook de gedachte dat het effectief ontwikkelen van producten en diensten alleen maar kan gebeuren door permanent alle creativiteit en motivatie van de medewerkers in multidisciplinair teamwork aan te boren en te gelde te maken. Niet alleen het bedrijf vaart wel bij zo'n werkwijze, ook de medewerkers zullen zich gemotiveerder en met meer arbeidssatisfactie inzetten.

Elk hoofdstuk sluit af met open vragen en opdrachten voor studenten. Het leereffect zal des te groter zijn naarmate studenten meer met de praktijk te maken hebben, bijvoorbeeld door een stage of doordat ze reeds in de praktijk werkzaam zijn. Immers, een rijke praktijkgerichte leeromgeving biedt meer gelegenheid tot reflectie op eigen denken en handelen dan een steriele schoolomgeving. En een student leert vooral van reflectie, van terugkoppeling van docenten, praktijkbegeleiders en medestudenten op zijn of haar handelen. (In het vervolg gebruiken we korthedshalve voornamelijk de mannelijke vorm.)

Aan de studieopdrachten in dit boek liggen de volgende uitgangspunten ten grondslag:

- De studenten hebben een maximale vrijheid om de opdracht te interpreteren en uit te voeren. De opdrachten laten dat toe omdat ze open zijn en een onderzoekende houding veronderstellen.
- Bij voorkeur worden opdrachten uitgevoerd door groepen omdat in een groepsproces de reflectie op leergedrag intensiever en frequenter plaatsvindt dan bij individueel werken.
- De groepen presenteren aan elkaar en beoordelen elkaars werk.
- Daarom zijn de antwoorden bij de vragen en opdrachten niet gegeven. Ook is er geen docentenhandleiding met uitgewerkte opdrachten, want dat zou weer een nieuw boek vergen. Impliciet bevat de tekst van de hoofdstukken al veel antwoorden.
- Dit handboek is samengesteld voor ondernemende, zelfstandige en creatieve studenten, met een betekenisgerichte of taakgerichte leerstijl. Studenten met een reproductiegerichte leerstijl zullen veel moeite met de opdrachten hebben en zullen dus sterk op elkaar of op de docent willen leunen.

Wat is ontwerpen?

1

- 1.1 Integraal ontwerpen
- 1.2 Het werkveld van de ontwerper
- 1.3 Methodisch ontwerpen
- 1.4 Hulpmiddelen in het ontwerpproces
- 1.5 Simultaan versus sequentieel
- 1.6 Studieopdrachten

OPENINGSCASUS

Ontwerpfouten

We geven een paar voorbeelden van ontwerpfouten.

Ontwerpfout oorzaak instorten brug

Op 1 augustus 2007 stortte een stalen vakwerkbrug in over de Mississippi bij Minneapolis.

Negen mensen kwamen bij de ramp om het leven en zestig anderen raakten gewond. De brug werd in 1962 ontworpen en sindsdien periodiek gecontroleerd. De verschillende stalen elementen van het vakwerk werden door 224 schetsplaten met elkaar verbonden. Er werd berekend dat de schetsplaten één inch (2,54 cm) dik moesten zijn. Het bleek evenwel dat zestien van de 224 schetsplaten slechts de helft van de vereiste dikte hadden.

Toen het brugdek extra belast werd door voertuigen en bouwmaterialen van een aannemer die onderhoudswerk verrichtte aan de brug brak één schetsplaat.

Omdat er geen redundantie in het ontwerp van de brug zat, volgde een kettingreactie waarbij verschillende schetsplaten braken en het brugdek met zo'n vijftig auto's en een bus met schoolkinderen in de Mississippi stortte. Er was hier dus kennelijk sprake van miscommunicatie tussen de constructeurs die de berekeningen maakten, de architecten, de bouwers die niet uitvoerden wat op tekening stond en de periodieke controleurs.

Ontwerpfout is vaak oorzaak product recall

Als een stuk speelgoed gevaarlijk of ondeugdelijk blijkt te zijn wordt het uit de schappen gehaald. Zo'n campagne heet product recall. Sinds 1988 is driekwart van alle speelgoed-recalls in de VS het gevolg van ontwerpfouten (de rest zijn fabricagefouten). Onderzoekers van de universiteit van Western Ontario stellen in 2008 dat bedrijven zich moeten bekwamen in reactief leren. Dit wil zeggen dat processen en procedures aangepast worden na een foutmelding. Bovendien moet de onderneming zich vier typen proactief leren eigen maken:

- 1 Het eerste behelst een studie van onder meer recalls van de concurrent en generieke recalltrends.
- 2 Voorts moet er beter geluisterd worden naar ontwerp- en testingenieurs.
- 3 Ook moet intensiever op veiligheid getest worden.
- 4 De klantfeedback moet beter bestudeerd worden om recallpatronen te ontdekken.

Ontwerpfout buggy's

De Britse buggyproducent Maclaren heeft in november 2009 meer dan een miljoen buggy's terugroepen, omdat kinderen met hun vingers klem kunnen komen te zitten in de scharnieren. In de VS waren dat jaar vijftien ongelukken gemeld. Daarvan resulteerden er twaalf in de amputatie van een of meer vingertjes. Gebruikers van de wandelwagens moeten een nieuw onderdeel plaatsen om verdere ongelukken met de scharnieren te voorkomen.

Zoals voorgaande voorbeelden aangeven verlopen ontwerpprocessen niet altijd optimaal. Er kan sprake zijn van miscommunicatie en verkeerde planning. Een ontwerp kan te duur uitvallen waardoor de marktkansen bij voorbaat verkeken zijn. En vaak gaat het mis door te weinig kennis bij de ontwerpers over wat de klanten, of de markt, of de opdrachtgevers nu echt willen.

Dit studieboek bevat een verzameling technieken, procedures en stuurinstrumenten voor het verhogen van de effectiviteit van het ontwerpproces. Het zijn technieken die hun toepassing vinden op het uitvoerend niveau, in de dagelijkse praktijk.

In dit hoofdstuk verkennen we de complexiteit van het ontwerpproces. Ontwerpen is geen eendimensionaal proces van een eenling achter een computer maar het vereist een integrale aanpak met betrekking tot planning, samenwerking en ondernemerschap (paragraaf 1.1). Het werkveld van de ontwerper is dan ook veel breder dan alleen zijn vakgebied, zoals werktuigbouwkunde (paragraaf 1.2). Een van de werkwijzen om tot een product te komen is Methodisch ontwerpen (paragraaf 1.3). Daarnaast staat er een aantal analysetechnieken en hulpmiddelen ter beschikking (paragraaf 1.4). En omdat de productontwerper vooraan in de keten van het productcreatieproces figureert is een visie op de vormgeving van dit proces wel handig (paragraaf 1.5).

1.1 Integraal ontwerpen

Wil een bedrijf de waarde van zijn producten en processen vermeerderen dan staan, onafhankelijk van elkaar, drie wegen open:

- 1 het minimaliseren van de totale doorlooptijd van het productcreatieproces;

- 2 het integreren van de werkzaamheden van alle betrokken disciplines, vanaf de ontwerpfase;
- 3 het organiseren van mensen en middelen rond het ontwerpproces als *core business*.

Als deze wegen alle drie worden ingeslagen noemen we dat integraal ontwerpen. Het zijn als het ware drie strategieën die tegelijk toepassing vinden. Omdat ze onafhankelijk van elkaar zijn kunnen we ze voorstellen als drie assen die een ruimte opspannen. De ene as noemen we de levensduuras, de tijdsas waarlangs het productcreatieproces verloopt, vanaf de klantfase, via ontwerp en productie naar onderhoud en recycling. De tweede as is de multidisciplinaire; hier gaat het om de integratie van werktuigbouwkunde, elektrotechniek, bedrijfskunde, informatica, enzovoort.

De derde as is de bedrijfsas of de systeemass waarop we verschillende functieniveaus plaatsen. Een product vervult een functie, die weer is te verdelen in deelfuncties. Op het laagste niveau kennen we onderdelen. Een product dient hogere functies, zoals diensten verlenen of behoeften bevredigen. Op het hoogste niveau praten we over strategie en bedrijfsdoelen. Langs de bedrijfsas onderscheiden we dus verschillende abstractieniveaus met als doel de integratie te bewerkstelligen van lagere in hogere bedrijfsfuncties. Immers, het denken over producten en processen gebeurt fundamenteel in termen van functies dan in termen van pragmatische oplossingen en technieken. De functie blijft meestal, terwijl de techniek verouderd. Functiedenken vindt zijn oorsprong in de systeemleer, waarop we verderop terug zullen komen.

Figuur 1.1 laat zien dat drie onafhankelijke assen een ruimte opspannen waarbinnen het begrip integraal ontwerpen betekenis krijgt.

Productcreatieproces

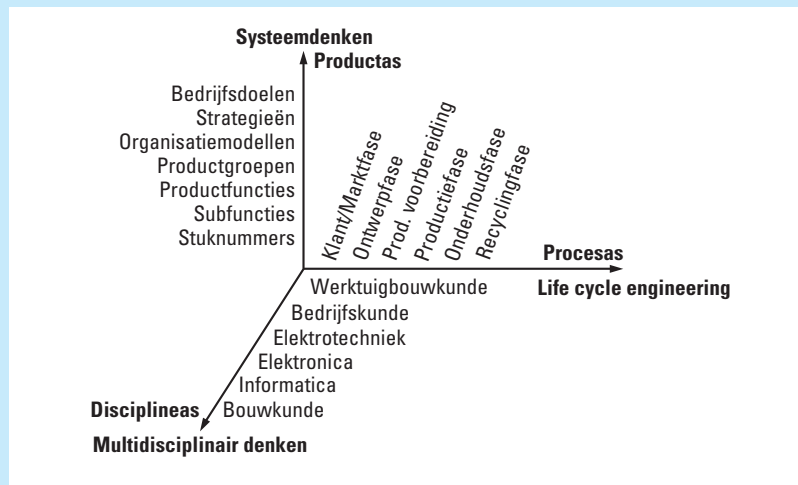
Integratie

Functie
Deelfuncties

Integratie

Systeemleer

Figuur 1.1 Drie dimensies van integraal ontwerpen



Het functiedenken loopt als een rode draad door dit boek. Het is gebruikelijk om producten, machines, geautomatiseerde systemen en fa-

brieken te ontleden in allerlei modules, componenten, onderdelen en materialen. Dit zijn de eenheden waarop dienstverlening, productie en transactie zich concentreren. Het functiedenken evenwel leidt tot een totaal andere doorsnede van de genoemde objecten, het betreft een ontleding die vooral is gericht op de te realiseren waarden voor de gebruiker.

1.2 Het werkveld van de ontwerper

Alles wat we om ons heen zien is ontworpen, behalve de voortbrengselen van de natuur, die door evolutie tot stand zijn gekomen. Aan de basis van alle artefacten staan ontwerpers die de geestelijke vaders en moeders zijn van kleren, meubels, verkeersborden, vuistbijlen, mobiel-tjes, stoeptegels, dropjes, vuilniszakken en raketten, om maar een paar *dingen* te noemen. In dit boek ligt evenwel de nadruk op werktuigen, apparaten, instrumenten, gebouwen en installaties. De ontwerpers hiervan moeten rekening houden met allerlei technische en maatschappelijke beperkingen. Ontwerpers zijn doorgaans geen makers. Dit was vóór de industriële revolutie anders. In de middeleeuwse ambachtelijke samenleving ontwierpen ambachtslieden producten al doende. Tijdens en na de industriële revolutie ontstond er echter een scheiding tussen vervaardigen en ontwerpen.

Het werk van ontwerpers is de sleutel voor het oplossen van grote maatschappelijke problemen, zoals voedselschaarste, grondstoffen-schaarste, energieproblematiek, vervuiling, veiligheid en gezondheid. Veel van de hedendaagse wereldwijde problemen zijn een gevolg van kolonialisme, uitbuiting, een ongelijke verdeling van macht en beperkte toegang tot grondstoffen, voedsel en medische zorg, vooral in de ontwikkelingslanden. Voor de oplossing van deze problemen kunnen ontwerpers oplossingen bieden als ze althans geschoold zijn in techniek, landbouw of logistiek. Ontwerpers dragen oplossingen aan voor de problemen die samenhangen met de bewoonbaarheid van dichtbevolkte gebieden, voedselschaarste, intensief verkeer, stedelijke agglomeraties, transport, distributie, overlast, afval, vervuiling en lawaai. Voor de ontwikkelingslanden geldt bovendien dat juist door een zinvolle toepassing van (aangepaste) technologie veel problemen kunnen worden verkleind of voorkomen.

Maar in welke branche een ontwerper ook werkzaam is, altijd zal deze rekening moeten houden met de volgende aspecten:

- 1 De schaarste aan grondstoffen vereist een ontwerp met minimaal materiaalverbruik.
- 2 De prijs van energie vraagt een ontwerp dat bij productie, transport en gebruik minimale energie vraagt.
- 3 Geen enkel product heeft het eeuwige leven. Omdat elk product uiteindelijk in het milieu terecht komt moet de ontwerper vooraf al met recyclebaarheid rekening houden.
- 4 De productaansprakelijkheid waarop een klant de leverancier kan afrekenen vereist van de ontwerper bijzondere aandacht voor veiligheid van het product voor gebruiker en omgeving.
- 5 Daarmee hangt samen de zorg voor de gezondheid: de ontwerper moet niet alleen letten op toxicologische aspecten en straling, maar ook op ergonomie en gebruiksgemak.

Veiligheid

Materiaalverbruik

Energie

Recyclebaarheid

Veiligheid

Gezondheid

- 6 Een product moet *maakbaar* zijn: overleg met productiemedewerkers is een *must*, evenals kennis van materialen, bewerkingsprocessen en productieprocessen.
- 7 Een product moet *verkoopbaar* zijn: kennis van marktwensen, klantwensen, kostprijzen en bedrijfsprocessen is onontbeerlijk.
- 8 *Last but not least*: de ontwerper moet zijn *vak* verstaan: werktuigbouw, elektro, bouwkunde, enzovoort.

1.3 Methodisch ontwerpen

Hoe leer je ontwerpen? Hoe leer je de complexe materie uit de voorafgaande paragrafen in je vingers krijgen? In de praktijk gebeurt dat door dat jonge medewerkers met reeds bestaande producten kennismaken. Een spoiler van een vrachtwagen breekt telkens af en de jonge medewerker op de tekenkamer van DAF-trucks krijgt als taak een betere ophanging te maken. Dat kan heel simpel door een ander materiaal, of een extra steuntje of een nieuw ophangprincipe. De volgende opdracht kan zijn het ontwerpen van een elektrisch of hydraulisch of mechanisch aangedreven kantelmechanisme van een cabine. De jonge medewerker zal dan sterk moeten leunen op de kennis en ervaring van de oudere collega's. Referentiepunt is altijd een bestaand product, een bestaand principe of een bestaande productiewijze. Na verloop van tijd leert de ontwerper breder te kijken en op den duur kan hij ook problemen aan waar geen voorbeeld voorhanden is, of waar hij nieuwe productiewijzen moet bedenken.

Methodisch ontwerpen is een ontwerpmethodede die sturing geeft aan elke ontwerpvrage. Het is een werkwijze die is geformuleerd door Harrie van den Kroonenberg, hoogleraar aan de Universiteit Twente van 1972 tot 1991. Het is een aanpak die discipline vereist en een strakke aansturing, hieraan ontbreekt het in de praktijk nog wel eens. Als het evenwel gaat om het ontwerpen van een complex product zoals een kerncentrale (Van den Kroonenberg was directeur ECN te Petten) dan kan men niet anders dan zorgvuldig en methodisch te werk gaan.

De methodische aanpak garandeert bij het ontwerpen dat:

- er verschillende oplossingen gegenereerd worden (*niet jumping to solutions*);
- verantwoordelijkheden van alle betrokkenen zichtbaar worden;
- de ontwerpers essentiële zaken minder gauw over het hoofd zien;
- de vaart in het beslissingenspel blijft zitten;
- sneller en doelgerichter gewerkt wordt dan bij een meer ad-hoc-proces.

Het helpt dus om ontwerpproblemen, ook al zijn ze geheel nieuw, systematisch te leren aanpakken. Tijdens het ontwerpproces ontstaan dan nieuwe inzichten en een betere afstemming tussen de verantwoordelijkheden van de verschillende participanten, wat leidt tot een zekere borging van het proces.

Methodisch ontwerpen is echter geen recept of garantie voor een goed ontwerp. Maar het geeft de mogelijkheid om op een vaste, weldoordachte wijze te werk te gaan.

1.4 Hulpmiddelen in het ontwerpproces

Value management

Onder de term 'value management' valt een aantal specifieke analyse-technieken. Elke techniek heeft zijn eigen plaats in het ontwerpproces. In figuur 1.2 zijn de verschillende technieken in kaart gebracht.

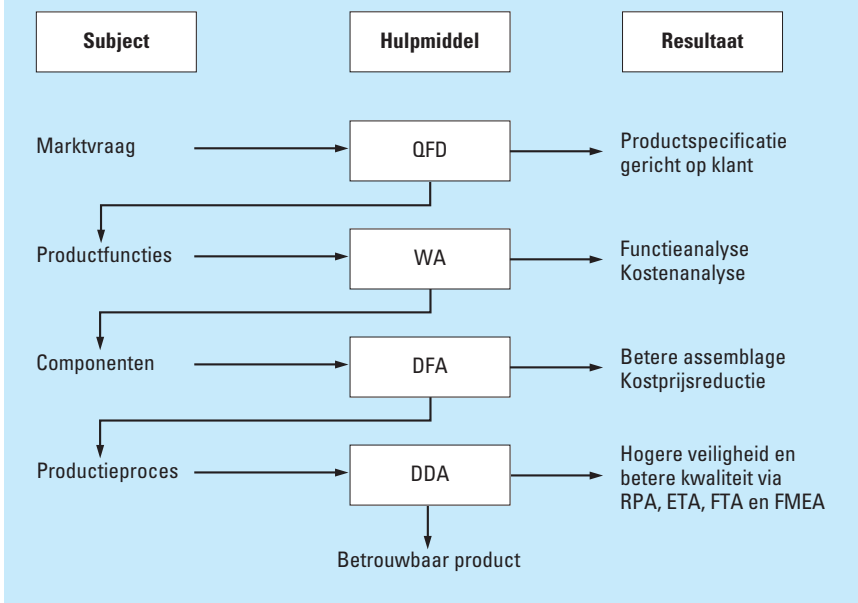
Industrial designer

Centraal staat de klant die bepaalde uitgesproken of onuitgesproken wensen heeft. Een industriële ondernemer zal in de behoefte van de klant willen voorzien door een technisch product te ontwikkelen, te produceren en te verkopen. Daartoe zal hij een aantal vertaalslagen moeten maken want de klant spreekt niet de taal van de technische constructeur of de industrial designer. Ook de constructeur spreekt doorgaans een ander dialect dan de marketingmedewerker en de productievoorbereider. En de productiechef heeft weer een verkoper en een service-medewerker nodig om te horen wat de klant van de door hem geproduceerde kwaliteit vindt.

Waardeanalyse

Welnu: QFD vertaalt de klantenvraag in productfuncties, met waardeanalyse worden hieruit productcomponenten gegenereerd die met DFA worden geoptimaliseerd naar produceerbare producten. Om de klant ten slotte de gewenste zekerheden te bieden staat het ontwerpteam een aantal foutenanalysestechnieken (DDA, Design Defect Analysis) ter beschikking.

Figuur 1.2 Hulpmiddelen voor functieanalyse en kostprijs optimalisatie



Quality Function Deployment

Van wezenlijk belang bij de ontwikkeling van een nieuw product is de vraag wat de markt precies wil, wat er al op de markt is en waar de kansen en mogelijkheden liggen (Quality Function Deployment, QFD). Een team kan pas zinvol aan een opdracht werken als het een analyse heeft gemaakt van de markt wensen en de doorgaans subjectieve wensen

Marktwensen

van klanten heeft vertaald in objectieve functies en technische eisen. QFD is een hulpmiddel om deze vertaalslag te maken.

Value analysis

Waardeanalyse

Waardeanalyse (value analysis/value engineering) is de door Larry Miles na de Tweede Wereldoorlog ontwikkelde methode om stelselmatig tot kostprijsverlaging te komen. Het doel is het systematisch elimineren van alle kosten die niet bijdragen aan de waarde van een product, proces of dienst. Waardeanalyse heeft altijd een dubbele betekenis: niet alleen analyseren maar ook creëren. De methode komt erop neer dat alle functies van een product in hun onderlinge samenhang in beeld gebracht worden in een functieboom. Vervolgens worden de kosten van onderdelen, bewerkingen en montage van monodelen vertaald naar de kosten van deze functies. Ten slotte wordt getracht de kosten per functie te minimaliseren zonder de kwaliteit of functionaliteit van het product aan te tasten.

Functieboom

Design for assembly

De essentie van design for assembly (DFA) is dat het team een montageboom van alle monodelen en processen samenstelt, waarna het systematisch nagaat welke delen in principe in andere delen geïntegreerd kunnen worden. Het doel is niet zozeer om het productie- of assemblageproces te verbeteren als wel om het product goedkoper te maken. Hoewel de constructeur deze techniek zelfstandig kan toepassen, ontstaat een grote meerwaarde indien verschillende disciplines worden betrokken bij de DFA-analyse.

De in dit boek beschreven methode is afgeleid van de oorspronkelijke methode van Boothroyd; de administratieve handelingen zijn vereenvoudigd.

Product-aansprakelijkheid

Design Defect Analysis

De EG-richtlijn ten aanzien van productaansprakelijkheid houdt in dat de producent rechtstreeks aansprakelijk kan worden gesteld voor schade die voortkomt uit een gebrek aan zijn product design defect analysis (DDA). Dit maakt het voor bedrijven noodzakelijk dat procedures met betrekking tot design en beproeving zorgvuldig doorlopen moeten worden.

Er staat de ontwerpers tijdens het gehele ontwerpproces een aantal risicoanalysetechnieken ter beschikking, zoals RPA, ETA, FTA en FMEA. Hiermee verkrijgen ze inzicht in faalvormen, faaloorzaken, effecten en gevolgen. Deze technieken maken bij sommige bedrijven deel uit van een gereedschapskist – de *toolkit* – voor *product safety & liability prevention*.

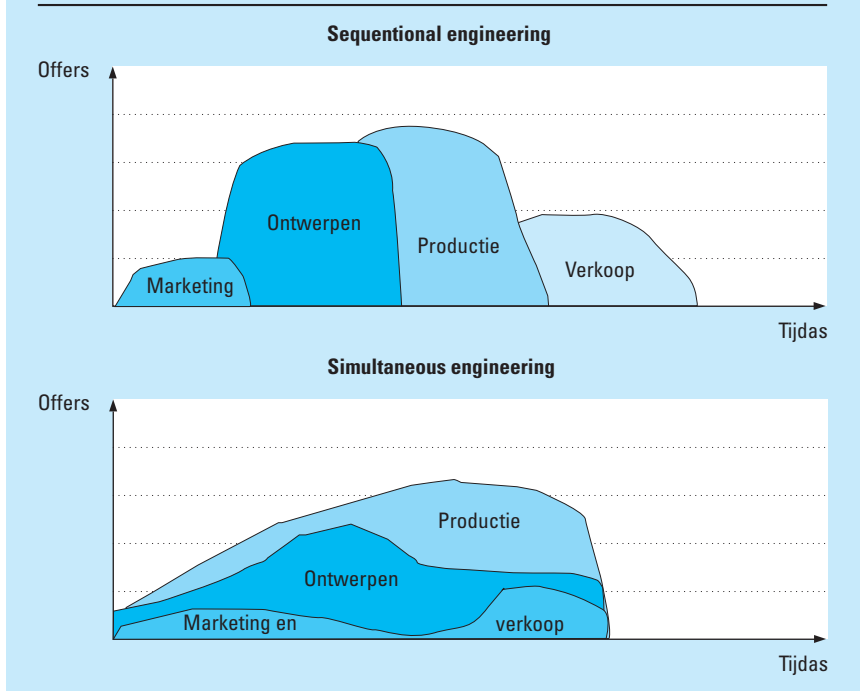
1.5 Simultaan versus sequentieel

Simultaneous engineering

Hoofdstuk 3 gaat verder in op het verschil tussen het traditionele sequentiële ontwerpproces en het proces van *simultaneous engineering*. Het sequentiële proces wordt geïllustreerd in het voorbeeld van figuur 1.3. Horizontaal staat de tijds van een project waarin een product wordt ontwikkeld in totaal vijf jaar. Verticaal staan de offers (lonen, investeringen) zoals die in de loop der tijd door de verschillende afdelingen worden gebracht.

Willen we de totale doorlooptijd van vijf jaar verkorten tot vier jaar, dan moet een aantal activiteiten simultaan gaan verlopen. Om bovendien de kwaliteit in stand te houden of zelfs te verbeteren, zal elke afdeling zich intensiever en langduriger met het ontwikkelingsproces moeten bezighouden. De figuur geeft aan hoe bij gelijk blijvende offers de inspanningen per afdeling verdeeld zullen zijn.

Figuur 1.3 **Sequential engineering versus simultaneous engineering**



Concurrent engineering

Een begrip dat met *simultaneous engineering* nauw verband houdt is *concurrent engineering*. Hiermee wordt bedoeld het in de tijd in elkaar schuiven van de plannings van verschillende afdelingen die vroeger ná elkaar opereerden. Door de ontwikkeling van snelle CAD-programma's met mogelijkheden voor parametrisch ontwerpen kan tegenwoordig in enkele uren tijd een tekening gemaakt worden waar voorheen enkele weken voor stond. Een product dat gegoten moet worden, werd eerst in calque getekend. Vervolgens werd een gietmal getekend. Voor beide tekeningen stond bijvoorbeeld drie weken. Met de moderne CAD-programma's kan het ontwerp voor product plus gietmal binnen twee maal drie uur klaar zijn. Deze snelheid nodigt uit tot snelle acties in het vervolgtraject. Om tot snelle actie te komen zonder daarbij fouten te maken, is teamwork nodig. Simultaneous engineering houdt dus in: concurrent engineering gecombineerd met goed gemanaged teamwork.

Teamwork

1.6 Studietoelasten

Opdracht 1.1 Simultaansimulatie

Bij een verbouwing of nieuwbouw lopen werkzaamheden vaak uit omdat de ene vakman op de andere moet wachten, omdat er slecht gepland is en omdat men zich alleen voor zijn eigen stukje verantwoordelijk acht. In feite is verbouwen een sequentieel proces. De schilder kan pas aan het werk als de stukadoor geweest is, maar die kan pas beginnen nadat de leidingen liggen, die gelegd moeten worden door de elektriciën en de loodgieter. Ga aan de hand van een echte verbouwing (bij vrienden of familie of ergens in de buurt) na of deze bewering klopt en bereken de kortste tijd waarbinnen de verbouwing in theorie gerealiseerd kan zijn.

Opdracht 1.2 Check op integraal ontwerpen

Ga na in welke mate er sprake is (geweest) van een integrale aanpak bij het ontwerpen van producten waar je mee te maken hebt, zoals een gsm, cosmetica, leerboeken, het leslokaal. (Niets houdt je tegen om bij deze opdracht vooruit te bladeren in dit boek.)

Opdracht 1.3 Inventarisatie ontwerptools

Probeer via je persoonlijke netwerk in gesprek te komen met een ontwerper bij een bedrijf. Ga met een groepje studenten naar dat bedrijf toe en praat een uurtje over het ontwerpproces. Probeer er achter te komen welke vorm van teamwork men toepast en welke stappen men zet om van een klantvraag naar een betrouwbaar product te komen. Kent men de in paragraaf 1.4 genoemde *tools*?

Opdracht 1.4 Japanse werkmethoeden duiden

Beschrijf de ontwikkelingen in Japan aan de hand van het drieassige model voor integraal ontwerpen. Kijk in paragraaf 13.1 of op internet welke typische werkwijze men in Japan volgt en geef aan bij welke van de drie assen dat aspect is in te delen. Is er in Japan in alle opzichten sprake van integraal ontwerpen?

