

Methodisch ontwerpen

Volgens H.H. van den Kroonenberg

F.J. Siers



Noordhoff Uitgevers

Derde druk

Methodisch ontwerpen



Methodisch ontwerpen

volgens H.H. van den Kroonenberg

E.J. Siers

Derde druk

Noordhoff Uitgevers Groningen | Houten

Ontwerp omslag: G2K Designers, Groningen
Omslagillustratie: PhotoDisc

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

6 / 13

© 2004 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.reprorecht.nl). 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.stichting-pro.nl).

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 prior written permission of the publisher.

ISBN (ebook) 978-90-01-84732-6

ISBN 978-90-01-50901-9

NUR 964

Woord vooraf

De doelstelling die bij het verschijnen van de voorgaande drukken genoemd werd – het aanbieden van een in de praktijk en in het hoger onderwijs algemeen toepasbare methodische aanpak bij het ontwerpen – staat in deze druk nog steeds overeind. In het technisch onderwijs is terecht veel aandacht voor de constructieve uitwerking van een bepaald ontwerp, maar het is nog steeds ook van belang te weten hoe dat ontwerp tot stand gekomen is en of het een optimale oplossing voor het probleem biedt. Om deze vragen te kunnen beantwoorden is het gebruik van een ontwerpmethode van groot belang. De in deze derde druk beschreven methodische aanpak is volledig geënt op het gedachtegoed van prof. dr. ir. H.H. van den Kroonenberg (hoogleraar in het vakgebied Ontwerp- en Constructieer van 1972 – 1991, faculteit der Werktuigbouwkunde, Universiteit Twente).

De methodische aanpak van ontwerpen laat iedereen volledig in zijn waarde, ook ontwerpers die tot nu toe ogenschijnlijk zonder methodiek hun producten hebben ontworpen. Als gebruiker van dit boek maak je kennis met een methodische aanpak bij het ontwerpen. Je kunt vervolgens zelf beoordelen welke bestanddelen van het methodische ontwerpproces voor jou bruikbaar zijn en welke minder. Door de methodische aanpak komt er tijd en ruimte vrij voor het toepassen van de computer in het ontwerpproces.

In de tweede druk waren, ten behoeve van klassikale of groepsbestudering, al verwijzingen door de hoofdstukken heen opgenomen. Dit aspect is nu verbeterd door het opnemen van een studiewijzer in de inleiding. Ook is hier en daar de leerstof gehergroepeerd om een betere volgorde te krijgen.

Om de behandelde leerstof goed te kunnen verwerken, zijn werkbladen en beschrijvingen van op methodische wijze ontworpen producten en technische inrichtingen van groot belang. Daarom is bij deze druk een internetsite met extra materiaal gevoegd: www.methodischontwerpen.noordhoff.nl.

Methodisch ontwerpen laat ruimte voor de individuele ontwerpaanpak die elke gevorderde ontwerper in de praktijk ontwikkeld heeft. Ontwerpers zullen het boek ervaren als een welkome aanvulling op hun vaardigheden, en allerminst als een dwangbuis.

Ing. F.J. Siers
Oldenzaal, maart 2004

Overal waar in dit boek 'hij', 'hem' of 'zijn' vermeld staat, geldt dit eveneens als 'zij' of 'haar'.

Inhoud

Studiewijzer 9

- 1 Argumenten voor een ontwerpmethode 11**
 - 1.1 Argumenten voor een ontwerpmethode 12
 - 1.2 Methodisch ontwerpen 13

- 2 Wat is ontwerpen? 17**
 - 2.1 Behoeften specificeren 18
 - 2.2 Verwerven van kennis door onderzoek 22

- 3 De technische inrichting in het ontwerpproces 25**
 - 3.1 Ontwerpactiviteiten 26
 - 3.2 Ontwerponderwerpen 28
 - 3.3 Samenhang van technische inrichtingen 28
 - 3.4 Het methodiek-systematiekvlak in relatie tot de ontwerpwerkzaamheden 31
 - 3.5 Motivering van de ontwerpmethodiek 33

- 4 Een voorbeeld van methodisch ontwerpen 37**
 - 4.1 Probleemstelling 38
 - 4.2 Probleemdefiniërende fase 39
 - 4.3 Werkwijzebepalende fase 41
 - 4.4 Vormgevende fase 43
 - 4.5 Overgaan naar lagere ontwerp niveaus 45

- 5 Het ontwerpproces 49**
 - 5.1 Realiseringsproces 50
 - 5.2 Vooronderzoek 51
 - 5.3 Probleemdefiniërende fase 53
 - 5.4 Werkwijzebepalende fase 66
 - 5.5 Vormgevende fase 71

- 6 Oplossen van technische ontwerp problemen 77**
 - 6.1 Probleemsoorten 78
 - 6.2 Oplossen van technische ontwerp problemen 78
 - 6.3 Algoritmen en heuristieken 80

- 7 Intuïtieve en discursieve methoden 83**
 - 7.1 Brainstorming 84
 - 7.2 Brainwriting 85
 - 7.3 Synectics 87
 - 7.4 Iteratief zoeken 88
 - 7.5 Analogieën 89
 - 7.6 Morfologie 90
 - 7.7 Schematiseren van informatie 90

- 8 Keuzetechnieken 97**
- 8.1 Keuzetabellen 98
- 8.2 Visualiseren 100
- 8.3 Opsplitsen van eisenprogramma's; de Kesselringmethode 101

- 9 Een nadere bezinning op het ontwerpproces 113**
- 9.1 Nogmaals het driefasenmodel 114
- 9.2 Divergente, convergente en ordenende activiteiten 114
- 9.3 Werken in het methodiek-systematiekvak 117
- 9.4 Opsplitsen van ontwerpactiviteiten 118
- 9.5 Bepaling van doel, functie, structuur en vorm 120
- 9.6 Duurzaam ontwerpen 121

- 10 Overzicht van aanvullende ontwerpmethoden 127**
- 10.1 Het systeemleermodel 128
- 10.2 Hansen 128
- 10.3 Krick 130
- 10.4 Asimow 131
- 10.5 Rodenacker 134
- 10.6 Matousek 135
- 10.7 Roth 136
- 10.8 Koller 141
- 10.9 VDI 144

- 11 Cases 147**
- 11.1 Ontwerp van een barbecue 148
- 11.2 Ontwerp van een offshore-hijsinrichting 158
- 11.3 Ontwerp van een centrifuge 166
- 11.4 Inschietapparaat voor 'Slimmy's' 169
- 11.5 Knikmechanisme voor surfplank 175
- 11.6 'Handling' van vlakke platen 182

- 12 Oefeningen 189**
- 12.1 Bestraten van een parkeerplaats 190
- 12.2 Plugkraan 192
- 12.3 Plaatveermanometer 193
- 12.4 Optische bank 194
- 12.5 Bibliotheekhulp voor rolstoelgebruikers 195
- 12.6 Afvalbak 197
- 12.7 Torsiemeet- en analyseerapparaat 198
- 12.8 Transport en opslag 199
- 12.9 Volleybaltrainingsmachine 200
- 12.10 Fitnessapparaat 202
- 12.11 Dominostenen-opzetmachine 203
- 12.12 Reinigingswerktuig voor bordenwissers 204

Begrippenlijst 205

Appendix 212

Literatuuroverzicht 222

Register 223

De diverse aspecten van het methodisch ontwerpen worden in een aantal elkaar opvolgende hoofdstukken besproken. De eerste twee hoofdstukken geven achtergrondinformatie en vormen de inleiding voor de behandeling van het ontwerpproces in de hoofdstukken 4 en 5. Hoofdstuk 3 behandelt de technische inrichting en het methodiek-systematiekvlak. In de hoofdstukken 6, 7 en 8 komen het oplossen van technische ontwerpproblemen, het zoeken naar deelfunctie-ervullende werkwijzen en de keuzetechnieken uitgebreid aan de orde. De hoofdstukken 1 tot en met 8 worden elk afgesloten met een aantal opgaven ter verdieping van de leerstof. Hoofdstuk 9 geeft een nadere bezinning op het ontwerpproces en geeft de plaatsbepaling van enkele ontwerpstechnieken in het methodiek-systematiekvlak. Meer uitgebreid wordt aandacht besteed aan 'duurzaam ontwerpen'. Hoofdstuk 10 bevat een overzicht met toelichting van aanvullende ontwerpmethoden. Hoofdstuk 11 geeft de beschrijving van enkele 'cases' met de kenmerkende momenten en aspecten van het methodische ontwerpproces. Hoofdstuk 12 bevat een aantal oefeningen, op verschillend niveau. Deze oefeningen kunnen naar eigen inzicht of in opdracht van de docent individueel of in groepsverband uitgewerkt worden.

Kenmerkend voor methodisch ontwerpen is dat er geen eenduidige oplossingen zijn. Deze worden in dit boek dan ook niet gegeven. Wel is achter hoofdstuk 1 tot en met 8 een aantal opgaven opgenomen, die naar vermogen uitgewerkt kunnen worden. Van enkele opgaven die geen open uitwerking kennen is een schetsmatige uitwerking opgenomen op www.methodischontwerpen.wolters.nl. De tekst is voorzien van margewoorden die in de begrippenlijst achter in het boek verklaard worden. Dit bevordert het teruglezen van de leerstof.

In een werkcollege of practicum zou dit boek als volgt bestudeerd kunnen worden:

- 1 – Lezen hoofdstuk 1 en 2: achtergronden;
 - bestuderen hoofdstuk 3: de technische inrichting;
 - bestuderen hoofdstuk 4: eenvoudig voorbeeld van ontwerpen.
- 2 – Bestuderen hoofdstuk 5: overzicht methodisch ontwerpproces en vooronderzoek; probleemdefiniërende fase met eisenprogramma, samenhang van kenmerken.
- 3 – Bestuderen uit hoofdstuk 5: functieaanduiding en functiesymbolen van Koller en Roth;
 - opstellen van functieblokschema;
 - bespreken ontwerp-oefeningen A en B (beschikbaar op de internet-site), keuze maken tussen groepsoefening A of B;
 - samenstellen van de ontwerpgroepjes, elk bestaande uit drie studenten.

Voordeel van deze aanpak is dat doceren en individueel bestuderen van de volgende hoofdstukken parallel lopen aan het werken in de ontwerpgroepjes.

- 4 – Hoofdstuk 5: opstellen morfologisch overzicht + structuurbepaling;
 - hoofdstuk 6 en 7: catalogi, tabel van Koller, oefening.
- 5 – Hoofdstuk 7: probleemsoorten, algoritmen en heuristieken, brainwriting-oefening.
- 6 – Tetraëdermodel voor de onderlinge kostenverhoudingen, realiseringsproces, keuzetabellen, plenaire keuzeoefening;
 - hoofdstuk 8 en 9: nadere bezinning op het ontwerpproces, duurzaam ontwerpen;
 - innemen van het door elk ontwerpgroepje gemaakte 'technische verslag'.
- 7 – Plenaire presentatie door elk ontwerpgroepje van de gevolgde werkwijze en het uitgewerkte resultaat.

De beoordeling kan plaatsvinden aan de hand van het ingeleverde technische verslag en de presentatie. Elke activiteit, genummerd 1 tot en met 7, vraagt twee begeleidingsuren van de docent. De tijdsbesteding voor de studenten bedraagt, inclusief de bestudering van de leerstof en het werken in de groep, ongeveer 50 uren.

Bij het boek hoort een internetsite met extra materiaal:
www.methodischontwerpen.noordhoff.nl



Argumenten voor een ontwerpmethode

1

- 1.1 Argumenten voor een ontwerpmethode
- 1.2 Methodisch ontwerpen

Een werktuig, apparaat of instrument moet, voor het gemaakt wordt, eerst ontworpen worden. In paragraaf 1.1 wordt een bruikbare definitie van 'ontwerpen' gekozen en toegelicht. Als ontwerper moet je rekening houden met allerlei technische en maatschappelijke beperkingen. In paragraaf 1.2 worden kort de voordelen aangestipt die je kunt hebben van 'methodisch ontwerpen'.

1.1 Argumenten voor een ontwerpmethode

Technische inrichting

Een technische inrichting is, in overeenstemming met de octrooiliteratuur, een verzamelwoord voor elk technisch voortbrengsel, zoals een werktuig, apparaat of instrument. Vroeger, in de ambachtelijke samenleving, werden technische inrichtingen door ambachtslieden al doende ontworpen. Hierdoor was sprake van een geleidelijke ontwikkeling, gebaseerd op voorgaande ervaringen. Tijdens en na de industriële revolutie (midden negentiende eeuw) ontstond er echter een scheiding tussen vervaardigen en ontwerpen. Het begrip ‘vervaardigen’ hoeft hier niet verder toegelicht te worden. Het begrip ‘ontwerpen’ vraagt wel om een nadere verklaring. Er zijn meerdere bruikbare definities in omloop, die niet allemaal even volledig zijn. Volgens *Van Dale groot woordenboek der Nederlandse taal* is ontwerpen: ‘uitdenken en in schets brengen’. In deze definitie wordt alleen aangegeven wat de ontwerper doet. Het hoe en waarom ontbreekt. De Universiteit van Californië in Los Angeles (UCLA) heeft een betere omschrijving gegeven:

Ontwerpen

Ontwerpen is het aangeven van de beste oplossing om aan een behoefte te voldoen, met behulp van beschikbare middelen en met inachtneming van maatstaven van natuurkundige en maatschappelijke aard.

Technische inrichtingen worden door een ontwerper-tekenaar aan de tekentafel of achter het beeldscherm ontworpen. Deze manier van werken stelt hem in principe in staat om een aantal alternatieve mogelijkheden te genereren. Hieruit kan hij dan de variant kiezen die gefabriceerd gaat worden. Van deze keuzemogelijkheid werd vroeger niet of nauwelijks gebruik gemaakt. Tegenwoordig is de noodzaak daartoe er wél, omdat er in de industrie een nieuwe fase is ontstaan door de snelle ontwikkelingen in de technische wetenschappen. De hiermee verband houdende veranderingen in de maatschappij hebben geleid tot een grotere complexiteit van de problemen, met sterk toegenomen kosten en navenante financiële risico's. Kenmerkend voor deze nieuwe fase zijn het besef en de noodzaak:

- spaarzaam te moeten omgaan met grondstoffen en energie;
- bij elk technisch handelen de veiligheid voor mensen en goederen te waarborgen;
- de arbeidsomstandigheden te verbeteren;
- het milieu zo weinig mogelijk te belasten.

Kenmerkend voor deze nieuwe fase in de industriële praktijk is ook dat er voor de ontwerper steeds minder tijd beschikbaar is om – al dan niet in groepsverband – technisch en economisch doelmatige inrichtingen te ontwerpen. Deze inrichtingen moeten direct gerealiseerd en zonder meer toegepast kunnen worden. Vaak gaat het daarbij om geheel nieuwe ontwerpen, waarvan nog geen voorbeelden voorhanden zijn. De ontwerper kan in zo'n geval niet terugvallen op ervaringen met soortgelijke ontwerpen. Na het stellen van een probleem gaat hij dan vaak toch uit van hem bekende situaties. Daardoor staat hem meestal snel een oplossing voor ogen, waar hij onder de tijdsdruk maar genoegen mee neemt. Als hij hiervan geen afstand kan nemen, is de kans groot dat er uiteindelijk producten ontstaan die de gewenste betere eigenschappen ten opzichte van bestaande producten missen.

Als het de ontwerper ontbreekt aan voldoende inzicht in de ware aard van het op te lossen probleem en als er onvoldoende overzicht is over de veelheid en de diversiteit van factoren die een rol spelen, neemt de kans op het nemen van verkeerde beslissingen toe. Zo kunnen eindproducten ontstaan die niet aan de gestelde verwachtingen voldoen. Soms kunnen de fouten alsnog hersteld worden door het brengen van aanzienlijke financiële offers. Zulke mislukkingen kunnen echter ook de ondergang van een bedrijf inleiden, wat vooral in een tijd van werkgelegenheidsproblemen grote negatieve maatschappelijke gevolgen kan hebben. Dat blijkt wel uit het volgende voorbeeld.

Een handelsfirma had bij zijn klanten de behoefte aan een zogenoemde schnitzelmaker geconstateerd voor toekomstig gebruik in slagerijen en grootkeukens. Een constructiebureau kreeg de opdracht om zo'n werktuig te fabriceren, en de constructeur ging als volgt te werk.

Een schnitzel is een afgesneden homp vlees, die in een aantal klappen geplet wordt, en daarna gereed is voor de verkoop. De constructeur bouwde een apparaat bestaande uit een grote, roestvrijstalen kast, waarin drie in één rij geplaatste stoters een op een transportband passerende homp vlees pletten. De eindloze transportband, geleid en aangedreven door twee metalen rollen, werd door een plaat ondersteund om de noodzakelijke reactiekracht te kunnen leveren. Bij beproeving bleek deze technische inrichting niet goed te werken, omdat het vlees al aan de eerste stoter bleef hangen. De constructeur had niet opgemerkt dat bij de ambachtelijke bewerking de slager na elke klap zijn mes aan het vlees afstreek. Met een aparte cellofaan afscherming was dit probleem verholpen. Toen begon hij te denken. De slager gebruikte maar één mes, dus waarom hier eigenlijk drie

stoters toegepast? Hij bouwde een tweede apparaat: opnieuw een roestvrijstalen kast, maar nu met één stoter en een transportband met cellofaan afdekscherm. Ook deze inrichting werd bij beproeving afgekeurd. Hoewel het kleefprobleem nu was opgelost, moest bij elke klap de band worden gestopt en daarna weer gestart. Dit was veel te omslachtig.

Toen begon de constructeur pas echt na te denken, en een kleine, handzame, technische inrichting was het resultaat. De afgesneden hompen vlees worden tussen twee bewegende transportbanden getransporteerd. De hoek die deze transportbanden met elkaar maken, kan zo worden ingesteld dat de gewenste dikte van de schnitzel als het ware vanzelf ontstaat als gevolg van het transport.

Uiteindelijk gingen deze technische inrichtingen als warme broodjes over de toonbank. Maar het constructiebureau besefte dat door deze trial-and-error-aanpak veel tijd was verspild en extra kosten waren gemaakt. De conclusie was dan ook: 'Eens maar nooit weer'.

1.2 Methodisch ontwerpen

Een methodische aanpak bij het ontwerpen kan ervoor zorgen dat alle aspecten die bij het ontwerpen een rol spelen ook daadwerkelijk aan de orde komen. Het resultaat hiervan is dat:

- niet te snel naar oplossingen gegrepen wordt;
- een goed overzicht van de ontwerpwerkzaamheden ontstaat;
- de kans dat essentiële zaken over het hoofd worden gezien kleiner wordt;
- het gemakkelijker wordt verantwoorde beslissingen te nemen;
- de kans op het ontstaan van een doelmatig ontwerp groter wordt.

De traditionele manier om het ontwerpen te leren, waarbij de beginnende ontwerper of student een aantal bekende inrichtingen moest natekenen of bekend veronderstelde berekeningen moest maken, voldoet tegenwoordig niet meer. Deze traditionele manier van onderwijs heeft

vooral het nadeel dat het lang duurt voordat je je eigen aanpak hebt gevonden en in staat bent deze in nieuwe situaties doeltreffend toe te passen. Het voordeel van de ontwerpmethode die in dit boek wordt aangeboden, is dat deze gedoceerd en aangeleerd kan worden. Zo kun je de ontwerpproblemen die je voorgelegd worden, ook al zijn ze geheel nieuw, systematisch leren aanpakken. Met behulp van het overzicht van te bestuderen en te onderzoeken gebieden, dat tijdens het ontwerpproces ontstaat, ben je ook in staat je kennis uit te breiden. Op die manier krijg je steeds meer inzicht in de verbanden binnen en de samenhang tussen de verschillende vakgebieden.

Methodisch ontwerpen moet je beslist niet zien als een voorschrift of recept om tot een goed ontwerp te komen. Maar het geeft je wel de mogelijkheid op een vaste, weldoordachte wijze te werk te gaan.



Opgaven

- 1.1 Geef in schetsen de resultaten van de gevolgde aanpak bij de casus van de schnitzelmaker.
- 1.2 Geef uit je eigen ervaring een voorbeeld van zo'n manier van werken.