

Micro-Elektronica
Het Ontwerpproces

Deel 1 van 2

Micro-elektronica in proces en bedrijf, balans en verwachting

Samenvatting: ir. J.P.P. Schönfeld
ir. H.K. Bozwijk

Redactie: prof. dr. ir. J. Blaauwendraad
ir. G.J. Driver
ir. J.B. Eppenga
ir. P.D.B. van Straten



Stichting Toekomstbeeld der Techniek
(Technology Centre for Technology)

Toekomstbeeld der Techniek 31-5

Micro-Electronics
Het Onderzoek



Stichting Toekomstbeeld der Techniek
(Netherlands Study Centre for Technology Trends)

Micro-Elektronica, Het Ontwerpproces

Deelstudie van

Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting

Samenstellers: ir J.F.P. Schönfeld
ir. H.K. Boswijk

Projectgroep Ontwerpproces: prof. dr. ir. J. Blauwendraad
ir. C.J. Drijver
ir. J.R. Eppenga
ir. P.D.B. van Straaten



Delftse Universitaire pers/1981

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek – in 1968 opgericht door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs – heeft als doel:

- het van de ingenieurswetenschappen uit bestuderen van mogelijke toekomstige technische ontwikkelingen, in samenhang met andere maatschappelijke ontwikkelingen;
- het op ruime schaal bekend maken van de resultaten van die studies om daarmee bij te dragen tot het verkrijgen van een meer integraal beeld van de toekomstige Nederlandse samenleving.

De Stichting richt zich daarbij tot het bedrijfsleven, de overheden, het onderwijs en – uiteraard – de geïnteresseerde staatsburger.

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek is gevestigd in het gebouw van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Prinsessegracht 23, Postbus 30424, 2500 GK 's-Gravenhage; telefoon (070)-64.68.00.

Uitgegeven door de
Delftse Universitaire Pers
Mijnbouwplein 11
2628 RT Delft
telefoon (015)-78.32.54

Copyright © 1981 by Stichting Toekomstbeeld der Techniek.

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from Stichting Toekomstbeeld der Techniek.

ISBN 90 6275 070 2

INHOUD

1	Micro-elektronica en het Ontwerpproces	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting	2
1.3	Structuur van de deelstudie	4
2	Het ontwerpen als proces	7
2.1	Algemeen	7
2.2	De hoofdfasen in het ontwerpproces	8
3	Voorbeelden uit de praktijk	17
3.1	Ontwerp van een chemische fabriek	17
3.2	De invloed van de computer of het ontwerpproces van een gebouw	23
4	Behandeling per aspect	33
4.1	Gevolgen van micro-elektronica voor het produkt	33
4.2	Gevolgen van micro-elektronica voor het ontwerpen als proces	34
4.3	Technische aspecten	37
4.4	Economische aspecten	40
4.5	Sociale aspecten	41
4.6	Opleidingsaspecten	44
5	Samenvatting	47

1. MICRO-ELEKTRONICA EN HET ONTWERPPROCES

1.1 Inleiding

Wat is de invloed van de computer en van de micro-elektronica op het ontwerpen en construeren? Deze vraag is niet op een eenvoudige wijze te beantwoorden. Het betreft hier een omstreden onderwerp. Teneinde een toen verwacht tekort aan ontwerp-ingenieurs te voorkomen, werden in de jaren zestig pogingen gestimuleerd om een wetenschappelijk opgezette methode van ontwerpen te ontwikkelen en om tot uitgebreide toepassing van de computer te komen bij het ontwerpen, construeren en tekenen. Met dat al is het gebruik van de computer niet op grote schaal in bedoeld gebied gepenetreerd. Alleen op grotere bureaus en bij grotere bedrijven treft men ze aan, maar die vormen verhoudingsgewijs een minderheid.

De grote meerderheid van bedrijven werkt slechts met enkele mensen en hier wordt de computer weinig gebruikt. De toepassingen blijven beperkt tot de inzet van tafelcomputers.

Nu de micro-computer in de belangstelling staat en de prijzen verrassend snel zakken, kan er veel veranderen. Nu immers komt grote reken- en opslagcapaciteit beschikbaar tegen prijzen die ook voor kleine bureaus betaalbaar worden.

Dat de doordringing van het computergebruik tot nu toe enigszins tegenvalt, heeft nog een andere oorzaak. De ontwikkeling is eenzijdig gericht geweest op grote programma's en systemen voor complexe sterkte- en trillingsproblemen, omdat de stimulansen voornamelijk uit de vliegtuigindustrie en de ruimtevaart zijn gekomen. In verhouding daarmee is maar weinig gereed gekomen voor het echte kleinschalige ontwerpwerk van elke dag, zoals het dimensioneren van componenten, onderdelen en verbindingen. Ligt dat aan het niet kunnen of aan het niet willen van de ontwerpers? Of hebben de computerdeskundigen de mogelijkheden van de computer bij het ontwerpen overschat? Wellicht zijn er zelfs oplossingen vervaardigd voor problemen die niet bij de ontwerpers leven of die niet aansluiten bij de vertrouwde wijze van werken. Met grote waarschijnlijkheid is een belangrijke oorzaak van het achterblijven op de verwachtingen dat meer aandacht is geschonken aan de C van CAD dan aan de D. Met andere woorden dat er meer aandrang is geweest door computerdeskundigen dan door ontwerpers. Niet dat er geen behoefte bij

ontwerpers zou bestaan, maar het vermogen ontbreekt die behoeften zo te formuleren dat computerdeskundigen er een zinvol gereedschap voor kunnen ontwikkelen.

Hiermee komen we op de ontwikkeling van een wetenschappelijk opgezette ontwerpmethodede. We moeten eerst formuleren wat ontwerpen eigenlijk is voor we kunnen nagaan in hoeverre de toepassing van een computer tot hulp kan zijn. Een computer is erkend zinvol overal waar algoritmisch wordt gedacht en gewerkt, maar een computer kan niets bijdragen in beschouwelijke processen en in stappen van subjectieve afweging, vindingrijkheid en scheppingskracht. Daarom is een analyse nodig van het ontwerpproces op zijn algoritmische elementen en zijn heuristische elementen. Dit heeft implicaties voor de opleiding van ingenieurs. Een ingenieur die zich het genoemde onderscheid bewust is, kan beter onderkennen en formuleren welke ontwerptaken zich lenen voor verwerking met de computer.

Tegen de achtergrond van deze twee hoofdaccenten zal worden nagegaan hoe het ontwerpproces kan worden beïnvloed door hulpmiddelen die op micro-elektronica berusten.

1.2 Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting

'Micro-elektronica en het Ontwerpproces', is geschreven als deelstudie van een breed studieproject van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek. Deze deelstudie kan echter ook op zichzelf gelezen worden. De brede studie 'Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting' heeft als doelstelling: het schetsen van een redelijk gedetailleerd, goed onderbouwd en evenwichtig beeld van wat microelektronica voor beroep en bedrijf te betekenen zal hebben. Het studiegebied is te omschrijven met twee trefwoorden: 'micro-elektronica' en 'beroep en bedrijf'. Micro-elektronica is hierin in zeer wijde zin op te vatten, d.w.z. als het totaal van nieuwe mogelijkheden die ontstaan door het samenspel van een viertal technische ontwikkelingen:

- chiptechniek;
- computertechniek;
- communicatietechniek;
- meet- en regeltechniek.

Het is juist de combinatie van deze ontwikkelingen die zo'n enorm veld van nieuwe mogelijkheden opwekt. Het gaat naast automatiseringsachtige toepassingen vooral om het informatiebeheer.

De studie en daarmee ook deze deelstudie is toegespitst op 'beroep en bedrijf'. Aan algemene maatschappelijke aspecten en zaken als de 'informatiemaatschappij' wordt hoogstens slechts zijdelings aandacht besteed.

De gehele studie bestaat uit negen deelstudies (waarvan dit boekje er één uitmaakt) en een synthese van de belangrijkste in de deelstudies gevonden inzichten.

De bedoeling van de deelstudies is tweeledig: tezamen dienen ze een beeld te geven van de betekenis die het gebruik van micro-elektronica heeft in technische, economische, sociale, organisatorische en innovatieve zin. Bovendien geeft elke deelstudie een beeld van het spanningsveld dat rondom de introductie van micro-elektronica bestaat. Daarbij moet beseft worden dat door het nog steeds bestaande gebrek aan overzicht (ook binnen bedrijven) en door de grote diversiteit in het veld een scherp en uitgesproken beeld niet altijd gemakkelijk te geven is. Micro-elektronica levert een aantal technische hulpmiddelen die al dan niet kunnen worden toegepast. Het keuzeproces hieromheen kan alleen met zin bekeken worden vanuit de specifieke situatie waarop de keuze betrekking heeft. Het is daarom niet mogelijk te zeggen: dit zijn de technische hulpmiddelen, dus dat gaat gebeuren. Het proces is aanzienlijk ingewikkelder en de rol van de techniek daarin aanzienlijk neutraler. In de deelstudies is daarom uitgegaan van de bestaande productieprocessen en organisatiestructuren. Daarin verweven worden de mogelijkheden die micro-elektronica voor de behandelde sector biedt. Er wordt dan bezien welke mogelijkheden, welke knelpunten, welke bedreigingen en welke wrijfpunten kunnen ontstaan, en waaraan bij de introductie van micro-elektronica waarschijnlijk aandacht zal moeten worden geschonken.

Zowel de deelstudies als de synthese dienen dan ook opgevat te worden als een verkenning, niet als een receptenboek.

De synthese van de studie is uitgegeven onder de titel 'Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting' als publikatie nr. 31 van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek. De deelstudies zijn afzonderlijk gepubliceerd. Het zijn:

- nr. 31-1 Micro-elektronica: de Rundveehouderij;
- nr. 31-2 Micro-elektronica: de Grafische industrie en Uitgeverijen;
- nr. 31-3 Micro-elektronica: Procesinnovatie in de sector Elektro-metaal;
- nr. 31-4 Micro-elektronica: Produktinnovatie van consumentenprodukten en diensten voor gebruik in huis;
- nr. 31-5 Micro-elektronica: het Ontwerpproces;
- nr. 31-6 Micro-elektronica: het Bankwezen;
- nr. 31-7 Micro-elektronica: het Kantoor;
- nr. 31-8 Micro-elektronica: het Reiswezen;
- nr. 31-9 Micro-elektronica: de Belastingdienst.

Twee eerdere publikaties van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek, te weten:

- nr. 25: Arts en gegevensverwerking; en
- nr. 28: Distributie van consumentengoederen; informatie en communicatie in perspectief, dienden bovendien als basismateriaal voor de synthese.

1.3 Structuur van de deelstudie

In de deelstudie 'Micro-elektronica en het ontwerpproces' wordt een overzicht gegeven van de mogelijkheden en eventuele problemen die zich bij de toepassing van micro-elektronica in het ontwerpproces zullen voordoen. Eerst wordt het ontwerpproces beschreven. Men onderscheidt hierin drie hoofdfasen: de definitie van het probleem, de bepaling van de werkwijze en de vormgeving.

Daarna worden twee voorbeelden gegeven van toepassing van micro-elektronica in de praktijk van het ontwerpen. Het eerste betreft een chemische fabriek en het tweede een gebouw. Gekeken wordt welke mogelijkheden of problemen er zich voordoen op het technische, economische, organisatorische en sociale vlak. Hoofdstuk 4

'Behandeling per aspect' probeert een antwoord te geven op de vraag wat in de naaste en iets verdere toekomst van micro-elektronica mag worden verwacht. Tot slot worden in de samenvatting nog eens de belangrijkste punten van dit rapport weergegeven.

De deelstudie is tot stand gekomen door de hiervoor in het leven geroepen projectgroep. De leden van deze groep hebben hun deskundigheid belangeloos en naast hun dagelijkse werkzaamheden ingebracht met geschreven bijdragen. De projectgroep bestond uit:

ir. P.D.B. van Straaten	Tebodin
ir. J.R. Eppenga	Akzo Engineering
prof.dr.ir. J. Blaauwendraad	Rijkswaterstaat
ir. C.J. Drijver	RSV-RDM

Daarnaast zijn er nog geschreven bijdragen opgenomen van de heer A. van Brugge (KTI) en ir. R.H.M. Nouwen (Tebodin).

Tijdens de opzetfase werd de projectgroep voorgezeten door ir. H.K. Boswijk, project-ingenieur bij de Stichting Toekomstbeeld der Techniek en projectleider van het gehele project 'Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting'. Deze deelstudie werd verder uitgewerkt door ir. J.F.P. Schönfeld, eveneens project-ingenieur bij de Stichting.

2. HET ONTWERPEN ALS PROCES

2.1 Algemeen

Bij het zoeken naar indicaties voor uitbreiding van de toepassing van micro-elektronica bij het ontwerpen viel op, dat in de literatuur de beschrijving van de gang van zaken bij het ontwerpen duidelijk de oorsprong van iedere schrijver aangeeft. Een gebouw, een schip, een petrochemische fabriek, een elektriciteitscentrale, een havenoverslaginstallatie lijken allemaal op hun eigen wijze ontworpen te worden. Ook is de beschrijving vaak onvolledig. Micro-elektronica werd bij het ontwerpen tot nu toe vaak alleen gebruikt voor berekeningen. Computers worden ook wel toegepast bij het administratief volgen van het ontwerpen en het maken van pijpdiagrammen, uitslagen enz. Dit laatste is meestal gekoppeld aan met ponskaart bestuurde buig- en snijmachines.

Voor het grote traject van voorontwerp tot definitief ontwerp vindt men wel veel pogingen, maar nog weinigen daarvan hebben succes.

Soms wordt een bepaald idee uitgewerkt tot een model en met behulp van een computer interactief gesimuleerd. Het basis-ontwerp wordt dan in de vorm van een procesdiagram met alle daarbij behorende gegevens in de computer gebracht, zodat de gevolgen van veranderingen integraal kunnen worden doorgerekend en uitgetekend. Daarnaast neemt het gebruik van micro-elektronica sterk toe bij de administratie van de voortgang en het archiveren van de resultaten van het gehele vervaardigingsproces. Verdere toepassing lijkt te liggen in computerondersteund tekenen en ook bij het in een gegevensbestand opslaan van de tussentijds gemaakte en de uiteindelijke tekeningen. Daar begint echter het probleem. Er lijkt namelijk een besparing mogelijk op dat tekenen, wanneer dat ook verder in het ontwerpproces veel opleverde.

Het eigenlijke tekenen is, ook voor een tekenaar, maar 15 à 20% van het werk. De rest van de tijd worden gegevens verzameld, vergeleken, gecorrigeerd enz. De werkelijke doorbraak zal kunnen komen, wanneer dit verzamelen, inclusief het voorbereiden van wijzigingen en het beoordelen van het nut van het inbrengen van een wijziging in het ontwerpproces, zodanig wordt georganiseerd, dat een computersysteem ook daarbij tijdsbesparend kan werken. Dit zal

pas gebeuren wanneer ook daartoe geschikte programma's en een passende organisatie van informatieverstrekking beschikbaar is. Teneinde het ontwerpen meer toegankelijk te maken voor de verdere toepassing van micro-elektronica is het nuttig het ontwerpen als proces, met de daarbij gebruikte en eventueel aan te passen organisatie of beheersingsmethoden, meer algemeen te beschrijven.

2.2 De hoofdfasen in het ontwerpproces

De probleemdefinitie

Het onderkennen en het voor oplossing gereed maken van bedrijfsproblemen is een min of meer continu proces. Het bedrijf is voortdurend bezig, of met een nieuwe aanpak van het werk of met het ontwikkelen van nieuwe produkten, hoewel dit niet altijd bewust geschiedt. Zodra bij het probleem onderkennen de noodzaak optreedt van een voorontwerp met kostenramingen, treedt probleemdefinitie op. Daarbij zijn verschillende afdelingen van het bedrijf betrokken, zoals verkoop, marketing, juridische zaken, licenties, informatiebeheer enz.

In kleinere bedrijven zijn die functies in de regel samengevoegd in enkelingen of in een kleine topgroep, in grotere bedrijven meestal in stuur- of werkgroepen. De projectleider zal de verdere ontwikkeling ter hand nemen, terzijde gestaan door een projectteam of een ontwerpgroep.

Het op te lossen probleem moet niet alleen goed herkend worden, maar ook in zijn interacties met de omgeving worden beschreven. Bij verandering van, in of aan een bestaande faciliteit is het van groot belang een duidelijke en zo volledig mogelijke beschrijving en inventarisatie te hebben van de bestaande situatie. Alle aspecten van die bestaande situatie dienen zodanig beschreven te worden, dat van daar uit ook de gewenste situatie kan worden beschreven.

In een aantal bedrijven wordt gewerkt aan het coderen en detailleren van hun diverse processen, installaties en inrichtingen. Deze beschrijvingen en coderingen kunnen worden opgeslagen in een geheugen waarin ook wijzigingen snel en volledig kunnen worden aangebracht, want alleen dan kan een goede beschrijving van de

bestaande situatie ontstaan. Dit geldt ook voor de beschrijvingen van productieprocessen met hun essentiële gegevens en hun onderlinge verbindingen. De denktrant in de procesindustrie blijkt daarbij zeer goed bruikbaar in andere bedrijven. Indien dit volgens een goed model geschiedt, kunnen onderling samenhangende grondstof-, hulpstof-, onderhouds- en bedrijfs-economische gegevens goed worden afgestemd.

Het beheer van bestaande, aangepaste en nieuwe installaties kan dan ook geschieden vanuit de gegevensbank. Die wordt daartoe periodiek bijgewerkt.

Het wordt nu mogelijk verwachtingen over produkt- en produktiestromen te enten op de bestaande situatie en alternatieve oplossingen voor capaciteitsproblemen of andere vraagstukken voorzichtig door te rekenen en te simuleren. Daaraan kunnen diverse andere randvoorwaarden worden toegevoegd, bijv. economische variabelen, grondstof- en hulpgegevens uit eigen omgeving, maar ook milieu- en veiligheidsvoorschriften en specifieke ontwerpregels en te gebruiken standaards.

Zo komt het eerste ruwe basisprogramma van eisen tot stand, waaraan het ontwerp zal moeten voldoen. Het opstellen van het programma van eisen zal dikwijls verlopen met tussentijdse herbezinning en toetsing.

Na beschrijving van de bestaande situatie en de gewenste situatie kunnen allerlei wijzigingen worden doorgerekend en de uitkomsten daarvan worden vergeleken.

Hier blijkt de computer wel een machtig hulpmiddel, maar geen panacee, want een mengsel van traditioneel en computerondersteund evalueren leidt vaak tot de beste resultaten.

Het maken van een beschrijving van de bestaande situatie, het opslaan van de gegevens en het bijwerken ervan is een tijdrovende en kostbare zaak maar het is gebleken dat bijwerken achteraf nog veel meer kosten vraagt.

In deze probleemdefiniërende fase worden ook de grenzen van het ontwerp bepaald. Het grote belang daarvan vereist een goede vastlegging en mogelijkheid tot rapportering van de tussentijdse resultaten aan het hoogste niveau van de organisatie. Dit gebeurde vroeger door leidinggevende functionarissen. Het heeft er alle

schijn van dat dergelijke rapportage een apart vak wordt ten gevolge van de hoeveelheid gecompliceerde factoren die hier in het spel zijn, zoals aan- en inpassingen, externe ook maatschappelijke desiderata en het bewust naast elkaar ontwikkelen van alternatieven door concurrerende organen. Ook hier kan de computer een hulpmiddel zijn bij het vergelijken van verschillende scenario's en bij het maken van risico-analyses.

Aanpassingsmogelijkheden en daarmee samenhangende problemen bij veelbelovende veranderingen moeten nader worden gezien. Dit kan door 'basic engineering' worden uitgevoerd, waarbij de computer behulpzaam kan zijn met de beperking van het aantal hiertoe benodigde man-uren. Bovendien wordt al spoedig een eerste begroting nodig van de vereiste investering.

Gebaseerd op de resultaten van de 'basic engineering' kan een eerste begroting met behulp van het gegevensbestand snel tot stand komen, maar een door beroepservaring gesteunde, traditionele benadering is vaak onmisbaar om de totale investering en de te verwachten jaarkosten goed op papier te krijgen. Toch kan de computer ook hier ondersteunend worden gebruikt. Kosten/baten analyses en eerste cash-flow overzichten kunnen naar behoefte al in deze fase worden toegevoegd.

De lijst van niet direct kwantificeerbare positieve en negatieve risicopunten zal echter voorlopig zonder hulp van de computer moeten worden gemaakt.

Hoe goed het inpassen van voorgestelde wijzigingen ook moge zijn, er zal wel nooit aan alle eisen en wensen van de opdrachtgever worden voldaan. Deze kan nu een definitieve keuze doen, mede aan de hand van een advies van het ontwerp-team. Uit dit rapport moet blijken in hoeverre de voorstellen aan de gestelde eisen voldoen en het moet een gedetailleerd overzicht geven van de onderzochte mogelijkheden. Met uit de computer-resultaten tot stand gekomen tabellen en tekeningen vormt dit rapport de basis van de volgende fase in het ontwerpproces. Dit alles resulteert dus in een programma van eisen, beknopte omschrijvingen van voorgestelde processen, bijbehorende berekeningen en een eerste benadering van de investeringen. De kosten die met de probleemdefinitie gepaard gaan, worden in de regel uit het jaarlijkse budget voor de ontwerp-kosten gedekt.

Bepaling van de werkwijze

Nu wordt de structuur van het object of de installatie vastgelegd, zoals die bij inpassing van de onderkende problemen zal worden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de gegevens uit de vorige fase. Het programma van eisen wordt nu nader gepreciseerd. De definitieve te kiezen vernieuwingen worden met de daarbij behorende factoren nader onderzocht, waarbij ook met desiderata die niet direct tot het technische gebied behoren rekening moet worden gehouden. Zo kan de toepassing van materialen of grondstoffen worden beïnvloed door de prijs, hetgeen kan leiden tot wijziging van het programma van eisen.

Dan wordt begonnen met het toepassen van standaarden en normen teneinde gangbare oplossingen te vinden. Als deze niet mogelijk blijken, moeten speciale oplossingen worden gevonden. In nauwe samenwerking tussen de verschillende technische specialisten worden alle details van het project onderzocht opdat een zinvol sluitend geheel ontstaat.

Hierbij kan de in het gegevensbestand opgeslagen informatie uitstekende diensten verlenen. Vervolgens kan worden nagegaan of de grenzen van het voorontwerp kunnen worden gehandhaafd. De hierbij naar voren komende wijzigingsvoorstellen kunnen wellicht met behulp van de computer beter, sneller en vollediger worden onderzocht. Naast goede organisatie en procedures is ook discipline nodig om volgens die procedures te werken. Het nagaan van de invloed van eerdere beslissingen blijft een van het menselijke brein. Er ontstaat een verfijnder en meer definitief programma van eisen.

Vaak blijft de invloed van de opdrachtgever en van externe instanties, bijv. bij het verlenen van vergunningen, nog doorwerken met wijzigingen in delen van het produktieproces. Naarmate dit verderop in het ontwerpproces gebeurt, ontketent het dikwijls aanpassingen van reeds in meer of minder detail vastgelegde gedeelten van het ontwerp. Om het optreden van fouten hierbij te beperken kan het gegevensbestand goede diensten bewijzen. Daarbij zijn echter aanzienlijke voorinvesteringen nodig en is grote discipline vereist van alle betrokkenen. Vooral dit laatste geeft nog wel eens moeilijkheden.

Of grote investeringen in apparatuur en programmatuur dan rendabel

zijn, is voor velen nog de vraag.

Een belangrijk facet van deze ontwerpfase is het in de hand houden van de kostprijs van het te leveren produkt. De grenzen van de kostprijs worden in deze fase veel nauwer vastgelegd dan bij de probleemdefinitie, toen van de keuze van de produktiemethode nog vrij veel invloed uitging.

Wanneer het een massa-artikel betreft, waarbij het dus om fracties van een cent kan gaan, wordt zeer veel aandacht besteed aan de details van het produkt-ontwerp. Dat is ook het geval bij produkten die uit catalogus-onderdelen zijn opgebouwd.

Wanneer systematisch ontwerpen van grote invloed kan zijn op de kostprijs van het te leveren produkt, zullen CAD en CAM-systemen met profijt kunnen worden toegepast.

Uit de bepaling van de werkwijze vloeit het vloeit het voorontwerp voort. Hierop volgt de beslissing omtrent de uitwerking en daarmee begint de eigelijke investering.

De vormgeving

In deze fase moet het gekozen voorontwerp worden omgezet in een definitieve vorm. Er ontstaat nu een ontwerp met nauwkeurige gegevens omtrent aanschaf en verwerking van materiaal en alle specificaties voor de produktie. Bij dit veel omvattende werk moet steeds worden teruggekoppeld naar de beide voorafgaande fasen.

Beïnvloeding door de opdrachtgever is nog wel mogelijk, maar aanpassingen zullen dan meestal veel geld kosten. Alles wat nodig is om leveranciers, overheidsinstanties, uitvoerders en gebruikers informatie te verschaffen, wordt zo gedetailleerd mogelijk vastgelegd. Het heuristische van het ontwerp neemt snel af, het algoritmische karakter neemt snel toe.

Ook de arbeidsverdeling in deze fase verschilt van die in de twee vorige. Door de grote hoeveelheid gedetailleerde gegevens die verwerkt moeten worden, krijgt het ontwerpproces meer het karakter van een productieproces. Er moet nu snel worden gewerkt en dat werkt specialisatie en werkverdeling in de hand; er ontstaan parallelle werkgroepen waarin verschillende specialismen zijn ondergebracht. Goede communicatie met de opdrachtgever en tussen de

groepen onderling is noodzakelijk. Een projectleider met voldoende beslissingsbevoegdheid treedt nu als het ware in de plaats van het ontwerp-team.

Hij moet over goede coördinatie- en beheersingsmethodiek beschikken en een passende organisatievorm kiezen voor de efficiënte uitvoering van de vormgeving en wat daarmee samenhangt. Dit is een stap-voor-stap operatie die gepaard gaat met veel overleg.

Wil men daarbij meer micro-elektronica toepassen dan is een ouderwetse goede en complete analyse van het bovenbeschreven productieproces van veel belang: mogelijkheden van bestaande of te vervaardigen programmatuur, bestandsopbouw enz. Deze analyse moet goed inzicht verschaffen in details en interacties van alle bestaande activiteiten en moet aangeven, waar ook zonder computertoepassingen in het ontwerp-productiesysteem nog verbeteringen mogelijk zijn.

De bestaande gecomputeriseerde tekensystemen geven namelijk weinig hulp bij het volledig doorwerken van de gevolgen van een wijziging, en één schema of in één tekening, in alle andere tekeningen en specificatiewerkzaamheden.

Ook is nog geheel niet duidelijk wat de capaciteit van het computersysteem onder allerlei omstandigheden is, hoe groot een hierbij passende opslagcapaciteit van gegevens moet zijn en welke karakteristieken de onderlinge verbindingen in dit CAD-systeem moeten hebben. Een algemene oplossing hiervoor bestaat nog niet, maar voor specifieke toepassingen kunnen wel oplossingen worden gevonden en de ontwikkeling van gespecialiseerde systemen gaat snel. Het is moeilijk vanuit zulk een gespecialiseerd systeem tot een meer algemene toepassing te geraken.

Moeilijkheden doen zich ook voor op de grensvlakken van de verschillende specialismen en hun interacties. Waar liggen de scheidslijnen van de diverse specialismen en waardoor worden die bepaald? Heeft ieder specialisme een eigen gegevensbestand en hoe zijn dan de verbindingen tussen die informatiebronnen te verzekeren?

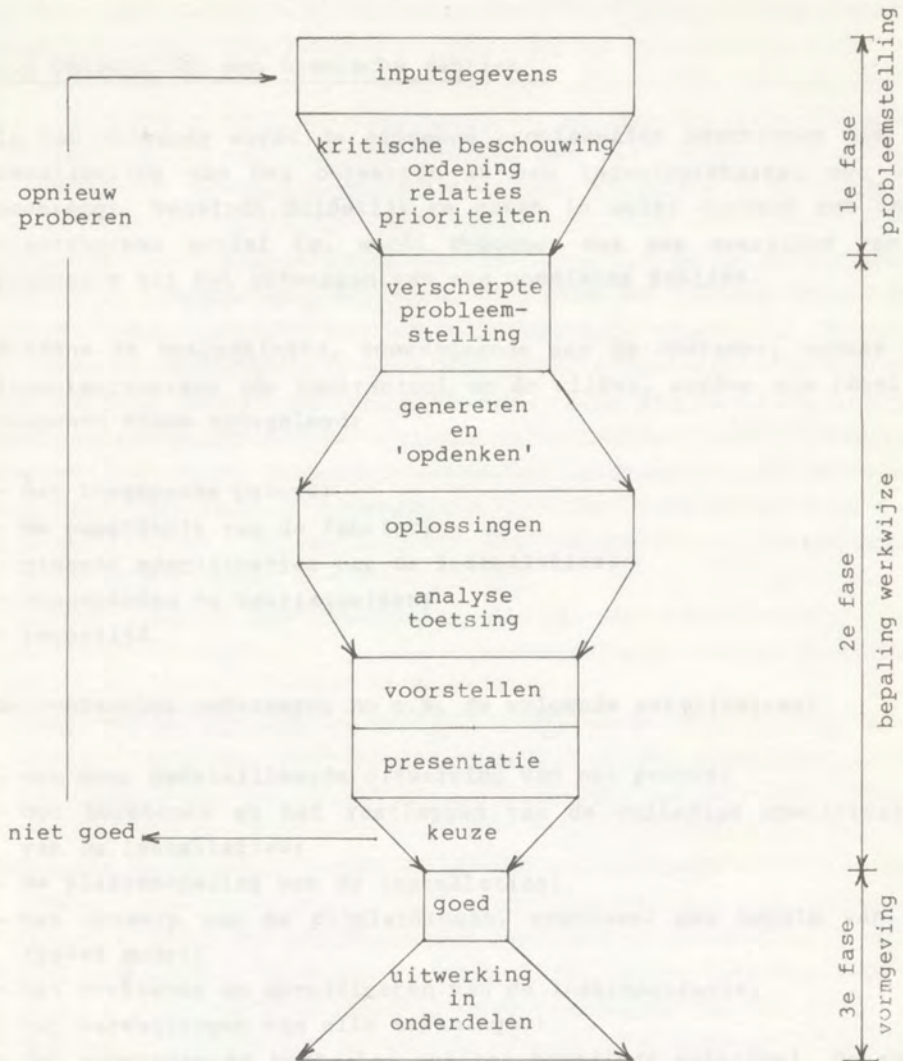
Moeten er wel verbindingen worden gemaakt? Waar moet worden begonnen om zonder te veel aanloopkosten toch een economisch verantwoord resultaat te krijgen?

Zal normalisatie niet tenminste in Europees verband moeten plaatsvinden, opdat de basis van de gegevensbestanden zo breed mogelijk

wordt? Wat moet in die meer algemene gegevensverzameling worden ingebracht? Er valt nog veel te verbeteren aan de huidige manier van werken en daarbij zullen dan op micro-elektronica gebaseerde nieuwe gereedschappen goede hulpmiddelen zijn (bijv. voorgeprogrammeerde tekenmachines). Denkbaar is ook een in gemakkelijk hanteerbare fasen op te bouwen databank met ontwerpgegevens en rekenprogramma's met het karakter van handboeken en met standaard-details en normbladen van interne en externe oorsprong.

De drie besproken fasen geven een algemeen beeld van het ontwerp-proces. Er zijn enkele factoren die dit proces vrij ondoorzichtig maken: de onderlinge afhankelijkheid van alle elementen, de onzekerheid die ontstaat door interventie van opdrachtgever of andere betrokkenen, de subjectiviteit en de gevoelsargumenten van derden bij latere beoordelingen. Ook worden oplossingen soms te snel aangenomen, waardoor allerlei randvoorwaarden, aanvankelijk niet als zodanig waargenomen, een onverwachte rol gaan spelen. Het bijgaande figuur brengt dit complexe geheel in beeld.

Figuur 1 Activiteiten en fasen in het ontwerpproces



3. VOORBEELDEN UIT DE PRAKTIJK

3.1 Ontwerp van een chemische fabriek

In het volgende wordt de algemene problematiek beschreven die automatisering van het ontwerpen in een ingenieurbureau met zich meebrengt. Teneinde duidelijk te maken in welke context een ingenieurbureau actief is, wordt begonnen met een overzicht van de productie bij het ontwerpen van een chemische fabriek.

Tijdens de besprekingen, voorafgaande aan de opdracht, tussen het ingenieurbureau (de contractor) en de cliënt, worden als regel de volgende zaken vastgelegd:

- het toegepaste proces;
- de capaciteit van de fabriek;
- globale specificaties van de installaties;
- standaarden en keuringseisen;
- levertijd.

De contractor onderneemt nu o.a. de volgende activiteiten:

- een meer gedetailleerde uitwerking van het proces;
- het berekenen en het vastleggen van de volledige specificaties van de installaties;
- de plaatsbepaling van de installaties;
- het ontwerp van de pijpleidingen, eventueel met behulp van een fysiek model;
- het berekenen en specificeren van de instrumentatie;
- het vervaardigen van alle tekeningen;
- het aanvragen en bestellen van het benodigde materiaal, de apparaten, instrumentatie enz.;
- het uitbesteden van de constructiewerkzaamheden;
- expeditie, materiaalbeheer op de bouwplaats enz.;
- het houden van toezicht tijdens de bouw;
- het in bedrijf stellen van de fabriek, het opleiden van operators en het verlenen van faciliteiten tijdens de garantieperiode.

Een groot gedeelte van de werkzaamheden heeft betrekking op de leidingschema's (Piping and Instrumentation Diagrams), het produceren van fabricage- en montagetekeningen van deze leidingen (Isometrics) en het uittrekken, bestellen enz. van alle leidingcomponenten, isolatiemateriaal en instrumentatie (Bill of Materials). Gedurende de looptijd van een project ontstaat een enorme papierberg waarin alle relevante informatie is vastgelegd.

Een ingenieursbureau dat zich op deze zaken toelegt, is een kennisintensief bedrijf en het is van belang niet alleen alert te zijn op de technische vernieuwingen die overal plaatsvinden, maar juist zelf nieuwe ontwikkelingen te initiëren en gestalte te geven. Onderzoek en ontwikkeling en het inspelen op nieuwe markten en behoeften (milieu, energie) zijn absolute vereisten om het voortbestaan te waarborgen. Daartoe is het ook nodig de kosten in de hand houden om in staat te zijn voldoende te investeren in nieuwe ontwikkelingen.

Naast produktvernieuwing is een efficiënte bedrijfsvoering een doelstelling met een hoge prioriteit.

Een van de middelen om de efficiëncy te verbeteren, is de invoering van geautomatiseerde systemen, zowel ten dienste van het technisch ontwerpen en simuleren van processen als ten behoeve van de interne organisatie.

De belangrijkste aspecten die bij de invoering van geautomatiseerde tekensystemen van belang zijn, zullen worden besproken. Kenmerkend voor de benadering van deze tekensystemen is dat het grafische systeem niet wordt gezien als een duur stuk ontwerpgeredschap, maar als een instrument dat, in combinatie met andere geautomatiseerde systemen, in staat stelt de uitvoering van projecten efficiënter te laten verlopen. Binnen dit concept dient essentiële informatie niet alleen visueel op tekening te worden vastgelegd, maar ze moet ook opvraagbaar zijn voor andere toepassingen. Dit vereist een structuur in de gegevens en een procedure voor de uitvoering van de geautomatiseerde activiteiten.

Op deze wijze kan informatie uit verschillende bronnen (gegevensbanken) worden gecombineerd en kan een groot aantal documenten volledig automatisch worden geproduceerd. De belangrijkste besparingen moeten dan ook niet worden verwacht in het sneller

produceren van tekeningen, maar in het elimineren van schakels in de communicatie en het voorkomen van fouten ten gevolge van onjuiste informatieoverdracht.

3.1.1 Technische aspecten.

Om een goede keuze van een automatisch tekensysteem mogelijk te maken, moet een uitgebreid programma van eisen en wensen worden opgesteld. Daarbij moet worden gelet op de mogelijkheden van de aangeboden complete grafische systemen en welke fabrikanten op dit gebied goed anticiperen op nieuwe ontwikkelingen.

Ook moet worden gekozen tussen een twee dimensionaal en een drie dimensionaal systeem. Voorts dient te worden nagegaan wat de mogelijkheden zijn van integratie van grafische en niet-grafische gegevensbanken en de daaraan gekoppelde programmatuur. Op basis van dezeen dergelijke overwegingen kan nu besloten worden tot:

Aanschaf van een compleet grafisch systeem met :

- interactieve mogelijkheden;
- gebruikersvriendelijkheid;
- produktiesnelheid;
- programmeerbaarheid door de gebruiker;
- mogelijkheid tot communicatie met andere computersystemen;
- grote direct toegankelijke opslagcapaciteit van gegevens.

Uitbreiding van het bestaande algemene computersysteem voor de verwerking van de meeste daarbij behorende niet-grafische gegevens. Koppeling van beide systemen door middel van een data-netwerk.

Een zwaar accent zal worden gelegd op het gericht verder ontwikkelen van de grafische programmatuur, teneinde de nodige structuur te kunnen aanbrenge in de gegenereerde informatie. Dit houdt in, dat de operators zullen moeten werken volgens goed gedefinieerde procedures.

Door deze werkwijze wordt bovendien de kans op fouten sterk verkleind.

3.1.2 Economische aspecten

In de inleiding is al gesteld, dat het voornaamste doel van de toepassing van geautomatiseerde systemen ligt in de verbetering van de interne communicatie in de ruimste zin van het woord.

Uit onderzoek blijkt, dat daarmee ook de meeste besparingen zijn te verwachten.

Met de installatie van ieder grafisch werkstation is een hoge investering gemoeid (aanschaf, onderhoud, training, beheer en ontwikkeling).

Zou het systeem hoofdzakelijk worden gebruikt als gereedschap voor geavanceerd ontwerpen, dat komen de volgende bezwaren naar voren.

- een relatief groot aantal specialisten moet worden getraind;
- deze specialisten houden zich ook met andere zaken bezig en zullen daarom nooit de vaardigheid verkrijgen van een full-time operator;
- door het niet-continue karakter van het werk zullen de werkstations gedurende relatief lange tijd ongebruikt blijven, wat de mogelijke besparingen teniet zal doen.

Overigens kunnen nog de nodige ontwikkelingen in de grafische systemen worden verwacht wat betreft verbetering van de prestaties en daling van de apparatuurprijzen. Ongetwijfeld zal de ontwerper, die doorgaans niet de gehele dag achter het tekenbord staat, de beschikking krijgen over grafische computerfaciliteiten.

Aanvankelijk zullen niet alle ontwerpfasen geautomatiseerd zijn. bij voortzetting van de vernieuwing moeten vaste procedures worden vastgesteld voor het vervaardigen van leidingsschema's en constructie- en montagetekeningen met een grafisch systeem. Daarna kan de nu beschikbare informatie verder worden verwerkt (specificaties, bestellingen enz.). Voordelen hiervan zijn versnelde productie, vereenvoudigde revisie en een hoge graad van standaardisatie. Bovendien geeft de eenmalige centrale opslag van informatie de gebruiker veel meer zekerheid dat hij over de meest recente gegevens beschikt. Daardoor wordt de kans op (kostbare) fouten aanzienlijk verkleind.

Het nieuwe systeem schept de mogelijkheid met een gelijk aantal mensen een hogere efficiëncy te bereiken. Een dergelijke automatisering kan binnen enkele jaren de efficiency verbeteren met ongeveer 30%.

3.1.3 Organisatorische aspecten

De invoering van nieuwe technieken en methoden brengt een aantal organisatorische veranderingen met zich mee.

De centrale opslag van gegevens heeft als consequentie de installatie van een groot aantal interactieve eindtoestellen voor het opvragen en het verder verwerken van deze gegevens door de specialist. Deze zal dus moeten leren omgaan met de apparatuur en met de nieuwe procedures. Verder zullen de bij de projectuitvoering betrokken gebruikers meer gebonden zijn aan de chronologische volgorde van uitvoering van de geautomatiseerde procedures.

De grootste veranderingen zullen plaats vinden op de tekenafdeling. De klassieke tekenkamer zal ongetwijfeld in de niet al te verre toekomst verdwijnen. Het is uit onderzoek gebleken, dat tekenaars en ontwerpers met een flinke ervaring het beste in staat zijn met de nieuwe apparatuur te werken.

Automatisering vraagt voorts een hoge graad van standaardisatie. Men zal niet zo gemakkelijk kunnen afwijken van de in het systeem ingebrachte standaarden. Dit kan een probleem opleveren in het geval dat de cliënt zijn eigen, afwijkende standaarden toegepast wenst te zien.

Concessies zullen ook moeten worden gedaan op het vlak van de visuele kwaliteit van documenten, voor zover zij op normale regel-drukkers zullen worden geproduceerd. Maar aan de andere kant van de balans staan de grote voordelen van het volgen van eenduidige procedures en de directe beschikbaarheid van essentiële gegevens.

Ook aan de beheersfuncties van het systeem zal veel aandacht moeten worden besteed. Hier zouden wel eens grote problemen kunnen liggen. Verlies van alle in de computer opgeslagen informatie kan een ramp betekenen. De juiste veiligheidsprocedures zullen moeten worden toegepast.

Als laatste noemen wij de beschikbaarheid binnen het bedrijf van een programmatuur-specialist, die in staat is problemen op te lossen en de programmatuur verder te ontwikkelen.

3.1.4 Sociale aspecten

Het veranderingsproces als gevolg van nieuwe technieken heeft uiteraard gevolgen voor de betrokken medewerkers.

In de voorbereidingsfase moet hieraan uitgebreid aandacht worden

besteed.

In het volgende overzicht is een aantal sociale aspecten, zowel positief als negatief vermeld, die bij de keuze van de apparatuur en de te volgen werkwijzen mede een rol spelen.

Positief:

- De betrokken medewerker leert omgaan met nieuwe technieken, waardoor zijn marktwaarde toeneemt.
- De medewerker wordt verlost van een aantal saaie steeds te herhalen handelingen, zoals sjabloneren en vele malen tekenen van identieke componentsymbolen en hij kan daardoor gedurende een groter gedeelte van zijn tijd met meer fundamentele zaken bezig zijn.
- Via trainingen en cursussen komt men in contact met collega's van andere disciplines, wat voor veel mensen een stimulerende invloed zal hebben.
- Fouten kunnen gemakkelijk worden hersteld.

Negatief:

- Ofschoon hij verlost wordt van een aantal steeds terugkomende handelingen kan een medewerker toch het gevoel krijgen dat hij wordt beperkt in zijn mogelijkheden tot een individuele aanpak.
- Verloren gaan van het ambachtelijk karakter van het werk (handtekenwerk).
- Het werken met beeldschermen kan vermoeiend zijn.

Een belangrijke factor is dat alle medewerkers moeten kunnen meedenken in het veranderingsproces. Men moet zich bewust zijn van het feit dat aan deze veranderingen niet valt te ontkomen, in het belang van de continuïteit van het bedrijf.

De grootste veranderingen zullen liggen bij de tekenaars. Hiervoor kan een omscholingsschema worden opgezet.

Dit vraagt een grote mate van flexibiliteit in het denken van de betrokkenen en niet iedereen is bereid zich zonder meer te schikken in de nieuwe situaties. Dit is ook vaak een kwestie van leeftijd.

Voor het hogere personeel zal er weinig veranderen.

De praktijk leert echter dat eventueel aanvankelijk scepticisme spoedig verdwijnt en overgaat in een positieve benadering.

Voorop moet staan, dat er door de automatisering geen mensen

overbodig zullen worden. Wel wordt de mogelijkheid geschapen dat meer medewerkers multidisciplinair zullen gaan functioneren, hetgeen zeer motiverend kan zijn. Het vooruitzicht dat met dezelfde staf meer creatieve taken kunnen worden verricht kan, tenslotte, voor alle betrokkenen een positieve zaak zijn.

3.2 De invloed van de computer op het ontwerpproces van een gebouw

Ontwerpen kan worden omschreven als het initiëren van vernieuwingen. De ontwerper zal dus acties ondernemen om die vernieuwingen te specificeren. Deze acties zullen bestaan uit het bedenken en het vastleggen hoe het moet worden. Deze twee aspecten zijn onverbreekelijk met elkaar verbonden. Het is niet voldoende dat men ideeën heeft, men dient ze ook aan anderen duidelijk te kunnen maken. Hierdoor wordt het ontwerp dan een communicatiemiddel. Verder zal de ontwerper dienen te voorspellen wat het effect en de gevolgen zullen zijn van zijn acties en zal hij deze aan de uitgangspunten dienen te toetsen.

Het ontwerpproces begint met een bepaald idee (het uitgangspunt) van de initiatiefnemer dat wordt gevolgd door de activiteiten van de ontwerper.

In het bouwproces moet onder ontwerper verstaan worden de architect en de adviseurs. Zij brengen de ideeën in die getoetst worden door de overige deelnemers aan het bouwproces in gezamenlijk overleg (bijv. in het verband van een bouwteam).

3.2.1 Technische aspecten

Als deze serie gebeurtenissen specifiek betrokken worden op het bouwkundig ontwerpproces en daarin op de integratie 'Gebouw en Installaties', dan kunnen vanaf het opstellen van uitgangspunten tot het in gebruik nemen van het gebouw de volgende fasen worden aangegeven:

- het opstellen van een pre-advies;
- het maken van een voorontwerp;
- het uitwerken van het voorontwerp tot het definitieve ontwerp;
- de realisatie van het project;
- het eventueel toetsen van het resultaat aan de uitgangspunten door middel van metingen;

- het vaststellen van de wijze waarop technisch beheer en energie-beheer worden gevoerd.

In al deze fasen zal de economische haalbaarheid van het project vastgesteld en bewaakt dienen te worden.

Opstellen van een pre-advies

In deze fase zal de opdrachtgever de normen vaststellen voor de eisen die aan het gebruiksdoel worden gesteld, zoals grootte, plaats, budget, werkklimaat, energiegebruik enz. Op basis van deze normstelling zal een programma van eisen voor het gebouw en de installaties dienen te worden opgesteld.

Om het afwegingsproces van de verschillende mogelijkheden snel en gedetailleerd te kunnen uitvoeren, kan gebruik worden gemaakt van verschillende rekentechnieken, zoals koel- en warmtelastberekeningen en temperatuuroverschrijdingsberekeningen.

Indien men denkt aan het toepassen van alternatieve energiebronnen kan gebruik worden gemaakt van de desbetreffende programma's (bijv. voor zonne-energie).

Uitgaande van verschillende bouwkundige facetten zoals vorm en oriëntatie van het gebouw, (verhouding tussen uitwendig oppervlak en volume, beperking zoninvloed in de zomer en gebruikmaking ervan in de winter), de geveluitvoering, zonwering, isolatiewaarden, massa van de constructie (warmte-accumulatie), enz. kunnen met behulp van deze rekenprogramma's snel, nauwkeurig en tegen betrekkelijk geringe kosten, de consequenties worden aangegeven voor investeringen en energiegebruik.

Tevens is het mogelijk om, uitgaande van een gemiddeld Nederlands meteorologisch jaar, gebaseerd op geregistreerde KNMI-gegevens, een berekening van temperatuuroverschrijdingen uit te voeren. Deze berekening bepaalt het aantal uren per jaar dat bijv. een temperatuur van 24° C wordt overschreden.

Bij het beoordelen van deze consequenties speelt de ervaring van het ingenieursbureau een grote rol. Aan de hand van de verkregen cijfers kan bijv. in deze fase al worden besloten of al dan niet een luchtbehandelingssysteem toegepast gaat worden.

Door gebruik te maken van de computer worden snelle en verantwoorde beslissingen mogelijk die anders slechts zouden kunnen worden genomen na tijdrovende handberekening en met geringe nauwkeurigheid. Zo kan in dit vroege stadium het taakstellend budget al vrij snel en redelijk nauwkeurig worden bepaald op basis van een, na evaluatie verkregen, uitgewerkt programma van eisen.

Worden aan het project nogal specifieke eisen gesteld aan het werkklimaat, dan kunnen de klimaateisen worden gedefinieerd met behulp van thermofysiologische computermodellen.

Daarmee kan worden bepaald of de gemiddelde mens zich al dan niet behaaglijk zal voelen. Daar een gemiddelde mens echter niet bestaat, kan tevens worden berekend welk percentage van de mensen, uitgaande van de al eerder bepaalde klimaatcondities, zich niet behaaglijk zullen voelen.

Het maken van een voorontwerp

Uitgaande van het gedetailleerde programma van eisen wordt nu een voorontwerp gemaakt. In deze fase zal een aantal varianten worden gezien. Om nu vrij snel het effect van deze varianten te kunnen overzien en om deze varianten met elkaar te vergelijken, kan gebruik worden gemaakt van computermodellen, met programma's voor klimaat, elektrotechniek, transport, constructie, geluid en exploitatie.

Deze worden kort behandeld.

- Klimaatprogramma's

Met de klimaatprogramma's kunnen, afhankelijk van de aard van het project, berekeningen worden gemaakt van koellast/warmte-last, temperatuuroverschrijding, installatiesystemen en energie. Uitgaande van de benodigde warmte en/of koude wordt onderzocht welk installatiesysteem het meest geschikt is. Met de computer kan dan verder worden berekend de dimensionering van radiatoren, eventueel in samenhang met een luchtverwarming, die van een variabel volume systeem en die van een tweepijps- of vierpijps-inductiesysteem.

Zo kan voor een heel jaar de totale energiebehoefte van een gebouw of een gedeelte daarvan worden doorgerekend. Op basis van vergelijkingen van energiegebruik en investeringen kan aldus het beste installatiesysteem worden verkregen.

- Elektrotechnische programma's

Diverse verlichtingsprogramma's kunnen de verdeling uitrekenen van de verlichtingssterkte over een werkvlak, uitgaande van een bepaald soort armatuur en een bepaalde verdeling van deze armaturen. Tevens bestaat de mogelijkheid de verlichtingssterkte uit te rekenen ten gevolge van de toetreding van daglicht. Indien een bepaalde verlichtingssterkte wordt onderschreden, wordt automatisch de verlichting ingeschakeld en wordt het elektrisch energiegebruik berekend.

Op deze wijze kan het energiegebruik van een gebouw worden bepaald. Door het toepassen van grotere ramen kan het energiegebruik voor verlichting worden beperkt. Er zal dan echter een grotere warmtetransmissie door de gevelconstructie plaats vinden, zodat een extra energieverlies optreedt. Deze consequenties dienen met elkaar te worden vergeleken en door herberekeningen kan dan de optimale raamgrootte worden bepaald.

- Transportprogramma's

Ook voor het transport van mensen en voorwerpen door een gebouw kan gebruik worden gemaakt van de computer, met o.a. een liftenprogramma. Zo'n programma is door simulatie in staat voor een groep liften gegevens te verstrekken over wachttijden, rondrittijden enz., daarbij meenemend de effecten van verschillende programmabesturingen.

Ook kan voor bepaalde soorten gebouwen waar de transportorganisatie erg belangrijk is, een programma worden ontwikkeld dat deze organisatie simuleert.

- Constructieberekeningen

Bij de globale dimensionering van de constructie van een gebouw kan over het algemeen gebruik gemaakt worden van ontwerpformules en eenvoudige rekenregels. Ook hier is het mogelijk voor bepaalde constructies een computermodel te gebruiken, bijv. een programma dat de krachten- en momentenverdeling berekent in vakwerkconstructies.

- Geluidsberekeningen

Bij het programma van eisen worden over het algemeen ook normen opgesteld voor het toelaatbare achtergrondgeluid ten gevolge van installaties, verkeer enz. Voor wat betreft de klimaatinstallatie kan de computer worden ingeschakeld om de geluidvoortplanting in het kanalsysteem uit te rekenen, of om gemeten geluidgegevens, bijv. verkeerslawaai energetisch met de computer te

bepalen, zodat een goed inzicht kan worden verkregen in de geluidssituatie rondom het gebouw op elk uur van de dag.

- Economische programma's

Alle hier beschreven programma's kunnen de investeringen berekenen.

Deze investeringen beïnvloeden elkaar omdat de diverse onderdelen elkaar beïnvloeden. Om nu een economisch zo nuttig mogelijke oplossing te verwezenlijken, kan gebruik worden gemaakt van een kosten/batenprogramma dat de verschillende investeringen vergelijkt en aldus tot het best haalbare resultaat leidt.

Het uitwerken van het voorontwerp tot het definitieve ontwerp

In deze fase kan een aantal nauwkeurige berekeningen worden gemaakt teneinde details van het ontwerp te bepalen.

Hierbij kan de computer worden ingeschakeld, met programma's voor bijv. warmte-uitwisseling van radiatoren, luchtverhitters, luchtkoelers, inductie-apparaten, enz., pompselectie, instelgegevens van afsluiters, berekening van drukverlies en selectie van geluiddempers.

De voordelen van de berekening door de computer in deze fase zijn:

- de berekeningen worden systematisch uitgevoerd;
- de nauwkeurigheid is groter;
- de berekeningen zijn minder afhankelijk van de persoon die ze uitvoert;
- minder kans op fouten;
- de consequenties van de wijzigingen zijn sneller bekend.

Realisatie van het project

Wanneer het definitieve ontwerp gereed is, de bestekken zijn geschreven en de vergunningen zijn verleend, kan worden begonnen met de uitvoering van het project. In deze fase is het van groot belang over een goede kostenbewaking te beschikken.

Dit is vooral belangrijk bij de realisatie van grotere projecten met een ingewikkelde organisatie.

Teneinde de kosten goed te kunnen bewaken, is het nodig dat van iedere wijziging snel kan worden overzien wat het effect ervan is. Om deze effecten snel en betrouwbaar uit te rekenen, kunnen rekenmodellen worden gebruikt.

Verder worden tijdens de uitvoering vaak veranderingen aangebracht aan het ontwerp. Deze veranderingen hebben invloed op het totale ontwerp. Er treedt een terugkoppeling op naar de vorige fase, de definitief-ontwerpfase.

Bij de bepaling van de effecten van deze veranderingen op het definitief ontwerp kan de computer weer worden ingeschakeld.

Eventueel toetsen van het resultaat aan de uitgangspunten door middel van metingen

Als het gebouw gereed is, kan door metingen worden nagegaan of aan het gestelde programma van eisen is voldaan.

Gedacht wordt in deze fase vooral aan geluidmetingen en thermische metingen. Over het algemeen zullen deze metingen vrij eenvoudig zijn en gemakkelijk met de hand zijn uit te voeren. Het blijkt vaak dat de ontwerp-omstandigheden moeilijk te reproduceren zijn. Vandaar dat soms de behoefte kan ontstaan, vooral wat betreft de thermische situatie, aan metingen van lange duur.

Gemeten worden dan bijv. temperatuur, vochtigheid, luchtverplaatsing, gasverbruik, elektriciteitsverbruik enz. Zijn er veel meetpunten, dan kan gebruik worden gemaakt van een zgn. datalogger. Deze datalogger slaat alle geregistreerde gegevens op, zodat ze later kunnen worden verwerkt. Bij de verwerking van deze gegevens is de computer een onmisbaar hulpmiddel. Op deze wijze bestaat de mogelijkheid de bij het ontwerp gebruikte programmatuur te controleren en eventueel te verbeteren.

Onderhouds- en energiebeheer

Voor het optimaal functioneren van een gebouw wordt momenteel vaak gebruik gemaakt van computergestuurde systemen. Vooral om een optimaal technisch beheer, zowel van onderhoud als van energie te bereiken, worden deze systemen vaker toegepast.

De computer dient dan zowel voor opslag van gegevens als voor sturing tijdens de bedrijfsvoering.

In de ontwerpfasen dient reeds met deze aspecten rekening te worden gehouden.

3.2.2 Economische aspecten

Het ontwerpproces dient te worden gezien als een ontwikkelingsproces dat, uitgaande van een globaal beeld bij een opdrachtgever, steeds specifiekere wordt en tenslotte resulteert in het definitieve ontwerp. In het begin van dit ontwerpproces, in de pre-advies- en voorontwerpfase, is de invloed op de kosten van het uiteindelijke ontwerp het grootst. Aangezien in deze fase een aantal ontwerpvarianten wordt gezien, is het van belang in dit stadium te weten wat voor deze varianten de economische gevolgen zijn.

Met behulp van computerprogramma's kan snel worden bepaald hoe groot de uiteindelijke investering, het energiegebruik en de daaruit voortvloeiende exploitatiekosten zullen zijn.

door vergelijking van deze resultaten van de ontwerpvarianten kan een snellere en beter gefundeerde besluitvorming plaats vinden. De voornaamste principebesluiten kunnen dus worden genomen direct na afsluiting van de voorontwerpfase. Daarna wordt in de definitieve ontwerpfase begonnen met de nadere uitwerking.

De kosten van het computergebruik dienen uiteraard verantwoord te zijn. Hiertoe is een zorgvuldige selectie van de ontwerpvarianten nodig, hetgeen grote kennis en ervaring van de vakspecialisten vereist. Tevens dienen de programma's zorgvuldig te worden behandeld, zodat fouten in de invoer zoveel mogelijk worden vermeden. Uitgaande van deze randvoorwaarden is gebleken dat met behulp van de computer het ontwerpproces efficiënter en derhalve goedkoper verloopt.

Bij de ontwikkeling en aanschaf van de nodige programmatuur blijkt dat er momenteel een groot aantal nieuwe programma's op de markt wordt aangeboden. Hieronder zijn veel goedkope, weinig praktische, en vaak onnauwkeurige programma's. Een verantwoord gebruik van de computer vereist zorgvuldige selectie uit dit aanbod en de ontwikkeling van eigen programma's.

3.2.3 Organisatorische aspecten

Het gebruik van rekenmodellen in het ontwerpproces heeft gevolgen voor de interne organisatie van het bureau.

Vooraf in de pre-advies- en voorontwerpfase zal de projectleider bereid moeten zijn vakspecialisten in te schakelen die, naast kennis van het vakgebied, inzicht hebben in het gebruik van de

computer in deze fase van het ontwerpproces. Hij maakt dan gebruik van de ervaring van deze specialisten. In deze fase wordt, gezien de uitgebreidheid van de toe te passen programma's, gebruik gemaakt van de binnen het bureau aanwezige centrale computerapparatuur.

In de definitief-ontwerpfase, waar de detailspecten steeds belangrijker worden, wordt de computer hoofdzakelijk gebruikt door de constructeurs en tekenaar-constructeurs. De projectleider dient de uitgangspunten voor de medewerkers goed en duidelijk te formuleren. Deze dienen wel het werken met computers te beheersen.

Zij maken hoofdzakelijk gebruik van tafelcomputers op de tekenkamer. De coördinatie van deze werkzaamheden wordt verricht door de chef tekenkamer in samenwerking met de vakspecialisten die het gehele proces begeleiden.

3.2.4 Sociale aspecten

Naast de technische, economische en organisatorische aspecten heeft de computer ook sociaal gezien grote consequenties. Het is belangrijk dat, ondanks het gebruik van rekenapparatuur, de werksfeer en motivatie binnen het bureau goed blijven.

In relatie tot het ontwerpproces kan worden gesteld dat de ontwerper of projectleider vertrouwen dient te hebben in de vakspecialisten en hun programma's. De ervaring leert dat dit vertrouwen pas ontstaat na een jarenlang samenspel tussen ontwerper en specialist. Door de wisselwerking tussen deze beiden ontstaat een positieve benadering voor het gebruik van de computer in het ontwerpproces.

In de definitieve ontwerpfase wordt het vervelende serie-rekenwerk de constructeur en de constructeur-tekenaar uit handen genomen.

Deze groep dient op het gebruik van de computer te zijn ingesteld, echter zodanig dat zij zich geen verlengstuk van de machine gaat voelen.

Zij dienen derhalve kritisch te blijven tegenover de computer en deze te beschouwen als een hulpmiddel waarmee hun werk meer optimaal wordt verricht.

Op die manier zal deze machine haar nut bewijzen. Dit vereist echter wel een intensieve begeleiding van de vakspecialisten samen met de chef tekenkamer bij de introductie, de ontwikkeling en het gebruik van apparatuur en programma's.

Mede gezien de huidige inzichten in het fysisch gedrag van een gebouw, waardoor er meer randvoorwaarden ontstaan die het ontwerp beïnvloeden, schakelen de vakspecialisten de computer in om meer en betere ontwerpvarianten te kunnen bekijken.

Op deze wijze ontstaat dan, in vergelijking met vergelijkbare projecten in het verleden, binnen hetzelfde tijdsbestek een kwalitatief meer verantwoord ontwerp.

Door het gebruik van de computer verloopt het ontwerpproces in de definitieve ontwerpfasen efficiënter, hetgeen betekent dat een geringer aantal man-uren nodig is om eenzelfde resultaat te bereiken. In de opleidingen van de vakspecialisten wordt over het algemeen wel voorzien in computergebruik.

In de opleidingen van constructeurs en constructeur-tekenaars is tot op heden niet of nauwelijks voorzien in het gebruik van computerapparatuur. Om deze groep toch op een hoger niveau te brengen, dienen intern cursussen en instructies voor computergebruik te worden georganiseerd. Tevens bestaat de mogelijkheid om door het volgen van applicatiecursussen het gewenste niveau te bereiken.

3.2.5 Evaluatie

Getracht is in het bovenstaande aan te geven hoe de computer in de verschillende stadia van een ontwerpproces kan worden toegepast.

Uit al deze aspecten blijkt dat de computer in staat is ervaringsgegevens op te slaan, vele varianten te produceren en mogelijke effecten uit te rekenen. Hij kan helpen bij het maken van een keuze uit verschillende mogelijkheden door het verstrekken van harde gegevens. De beslissing bij elke stap ligt echter steeds bij de opdrachtgever of de ontwerper. Die bepaalt wanneer, op welke manier en in welke mate het ontwerpproces verder gaat. De computer is hierbij een hulpmiddel, de mens is en blijft verantwoordelijk.

Of de computer al dan niet zal worden ingeschakeld, zal per geval dienen te worden bekeken. Dan zal tevens steeds bezien dienen te worden in welke fase en in welke mate hij gebruikt zal kunnen worden.

Het ontwerpproces is een creatief proces, dat gekarakteriseerd wordt door aangepastheid en nieuwheid.

Deze begrippen kunnen door een computer nooit zelf in het ontwerpproces ingebracht worden.

Dit is en blijft voorbehouden aan de ontwerper zelf.

4. BEHANDELING PER ASPECT

4.1 Gevolgen van micro-elektronica voor het produkt

Het zou interessant zijn te evalueren wat de invloed is geweest van computergebruik op tot nu toe gerealiseerde produkten. Daaruit zouden aanwijzingen kunnen komen van wat in de toekomst kan worden verwacht. Het is duidelijk dat in de tijd een verschuiving valt waar te nemen van de vormen van projecten en van de daarmee samenhangende contracten. Dat laat de produkten zelf niet onberoerd, maar niet al deze verschuivingen zijn het gevolg van computergebruik. Bovendien is het ontwerpproces afhankelijk van de plaats waar het verloopt: in een ingenieurbureau, op een scheepswerf of bij een aannemer.

Toch zijn er wel enkele duidelijke aanwijzingen, de meeste positief, maar ook een enkele negatief. Voor zover de analyse van het ontwerpproces heeft plaatsgevonden en naarmate meer wordt gestudeerd op methodisch ontwerpen, groeit de overtuiging dat hoogwaardiger produkten kunnen worden verkregen met computer-gesteund ontwerpen.

Dit kan bijv. worden getoond voor de machinebouw. Door een goede verhouding tussen het heuristische element (voor het globale ontwerp) en het algoritmische element (de detaillering) en het gebruik van een computer bij het laatste kunnen alle mogelijkheden ook werkelijk worden verkend en kan een ander produkt worden verkregen. Bij grotere produkten, zoals een tuibrug over een grote rivier, werkt de computer ook produktverbeterend, maar nu in de zin dat zo'n brugontwerp anders met grote waarschijnlijkheid niet zou worden overwogen. Het berekenen van de vele gevaarlijke bouwstadia tijdens de montage van de brug en de wens na voltooiing een vloeiend horizontaal verloop in de brug te krijgen, zijn niet zonder computer te verwezenlijken.

Ook constructies voor het winnen van energie uit zeewater kunnen alleen veilig worden ontworpen met computerprogramma's voor complexe niet-lineaire dynamicaberekeningen.

Een ander positief facet is nog de mogelijkheid om bij te houden hoe een produkt zich tijdens zijn levensduur gedraagt. Dat dit technisch kan worden gerealiseerd, heeft betekenis voor het

onderhoud, omdat doeltreffend kan worden gereageerd. De op deze wijze gedane ervaring zal uiteraard toekomstige ontwerpen ten goede komen.

Er kunnen echter ook mogelijk negatieve invloeden zijn van de computer op de produktinnovatie. Het is denkbaar dat niet alle produktmogelijkheden worden verkend omdat men zich de beperking oplegt (of opgelegd krijgt door de bedrijfsleiding) alleen te werken met programma's waartoe men vanuit de eigen eenheid toegang heeft. Bij deze produktversmalling ontstaat een suboptimum dat alleen binnen de eigen onderneming het beste is. Naast versmalling kan ook produktverstarring optreden. Het gevaar hiervoor bestaat als goedkeurende instanties het gebruik van bepaalde programma's eisen of bevoordelen. Deze tendens wordt reeds waargenomen en als maar een ontwerpende instantie hier aan toegeeft, is de kans groot dat dit binnen tamelijk korte tijd door de goedkeurende of certificeerende instanties tot norm wordt verheven en daarmee tot een algemene verplichting wordt.

4.2 Gevolgen van micro-elektronica voor het ontwerpen als proces

Inleiding

Een ontwerper is rekenaar, hij tekent en hij is bibliothecaris of administrateur. Dit laatste heeft betrekking op de vele gegevens die hij moet bewaren, ordenen en verwerken. Het ontworpen produkt moet worden beschreven en gespecificeerd. De ontwerpafdeling heeft behoefte aan informatie over een klant die een aanvraag voor een offerte indient. Het is van belang te kunnen schatten hoe groot de kans is dat een offerte in een opdracht wordt omgezet. Daarom is er behoefte aan klantgerichte marktinformatie en aan inzicht in kostprijzen.

4.2.1 Rekenen, tekenen, archiveren

Bepaalde stappen van het ontwerpproces kunnen steeds verder worden geautomatiseerd. Het rekendeel heeft daarbij aanvankelijk vooropgelopen. Dit laat zich gemakkelijk verklaren. Vroeger bestond een aanzienlijk deel van het werk van de constructeur uit rekenen en juist dit deel was op betrekkelijk eenvoudige wijze in de

algoritmen van de numerieke wiskunde te beschrijven. Lagen de berekeningen aanvankelijk vooral op het terrein van lineair-elastisch gedrag en van statische belastingen, nu worden steeds meer analyses uitgevoerd voor trillingen en niet-lineair gedrag. Leveranciers van minicomputers kunnen nu al praktisch alle bekende programma's op dit terrein op hun machines aanbieden. In de toekomst zal het gebruik van niet-lineaire programma's sterk toenemen als door het gebruik van vectorprocessors en arrayprocessors het gebruik niet duurder is dan dat van programma's voor lineair-elastisch rekenen.

Voor het tekenwerk is de ontwikkeling veel later op gang gekomen. Tekenwerk wordt nog maar sinds kort door CAD- en CAM-systemen overgenomen. Er is een trend waarneembaar dat de tekening daardoor een andere functie krijgt. Vroeger maakte de tekening in detail duidelijk wat gemaakt moest worden, maar niet hoe dit gebeuren moest. De uitvoerder wist dat dan wel. Nu verschuift de informatie op de tekening naar instructies voor de uitvoering, zodat de taakstelling van de tekenaar verandert en ook het aandeel van het tekenwerk. Was de verhouding van tekenen tot construeren voorheen 60% tot 40%, nu is dat omgekeerd. En naar verwachting kan dit nog verder verschuiven naar 30% tekenen en 70% construeren.

Micro-elektronica zal de ontwerper veel steun kunnen bieden in zijn bibliotheekfunctie. Het aantal gegevensbronnen is veel groter dan vroeger toen met een klein aantal standaardwerkjes in de hand werd ontworpen. Nu reeds is het zinvol - en bij verdere toename is het niet meer weg te denken - te werken met gegevensbestanden van diverse aard. Er kan worden gedacht aan een bestand met fysische en met materiaaleigenschappen, een gegevensbank met markt- en produktinformatie en een bestand met prijzen. In de naaste toekomst is te verwachten dat specifiek op construeren toegesneden bestanden zullen worden geïntroduceerd. Het goedkoper worden van computers en micro-elektronica zal deze databestanden steeds dichterbij brengen. Overigens is het beschikbaar zijn van apparatuur niet voldoende. De programmatuur zal moeten aansluiten op de behoeften van de ontwerper en moeten toestaan dat de informatie zich zo laat ordenen en zo toegankelijk is als voor de ontwerper nodig is. Er moet rekening mee worden gehouden dat dit vernieuwingsproces langzamer zal zijn dan de vernieuwing van de apparatuur.

Het blijft nuttig de nieuwe gereedschappen kritisch te bezien. De aanwezigheid van deze hulpmiddelen mag niet tot nieuwe inefficiëntie leiden, bijv. door te vroeg te rekenen of teveel te rekenen, of door het beschikbaar komen van lawines van in veel opzichten irrelevante informatie.

Ook is het de vraag of het gebruik van deze hulpmiddelen gaat verdoezelen welke ontwerper competent is en welke niet. Bij gebruik van hetzelfde geavanceerde gereedschap kan de incompetente ontwerper de schijn ophouden competent te zijn. Toch zal dat inderdaad schijn blijven, want ontwerpen is meer dan het tot een goed einde brengen van een aantal afzonderlijke ontwerpstappen. Het is een proces van synthese en organisatie, waarbij naast algoritmische vaardigheden inzicht en inventiviteit nodig zijn. Natuurlijk spreekt dit het sterkst in de eerste creatieve fase van het ontwerp, maar het blijft ook waar voor de daarop volgende invullingsfase.

4.2.2 Organisatie van het ontwerpproces

Daarmee zijn we op de vraag gestuit hoe micro-elektronica de organisatie van het ontwerpproces als geheel zal beïnvloeden. We hebben al kennis genomen van wijzigingen in de opslag van informatie. Maar ook de informatiestroom, de uitwisseling van informatie kan veranderen. Het zou ideaal zijn als een gegevensbestand in alle fasen van een project zou kunnen worden gebruikt. Het zal in de beginfase van het project klein beginnen, maar steeds groter worden met uitbreidingen die in de uitwaaieringen van het project kunnen worden gebruikt. Bovendien moet alles bij het bijeenkomen van deze uitwaaieringen weer in een systeem passen. Deze constructie-gegevensbank (engineering database) moet direct aansluiting geven naar de uitvoeringsfase van het project. De ervaring in de achterliggende jaren tempert echter de verwachting dat op korte termijn uniform toepasbare systemen beschikbaar komen. Eerst zal per type bedrijf of misschien zelfs per bedrijf een op de eigen doelstellingen toegesneden toepassing ontstaan en zelfs dat zal moeilijk genoeg zijn. De elektronische hulpmiddelen zelf dragen niet sterk bij tot de oplossing van dit probleem. Ze zijn eerder de katalysator, de stimulans, om zulke ontwikkelingen te versnellen. De micro-elektronica heeft de rol de nieuwe systemen dichterbij de man te brengen. Misschien dat de nieuwe micro-elektronica

techniek opbergsystemen mogelijk maakt die qua architectuur dicht-ter bij de conventionele archiveringssystemen van de oudere bedrijven staan. Tot nu toe is de sprong naar een geheel ander (door de computermogelijkheden gedictieerd) systeem voor veel bedrijven te groot. Nieuwe bedrijven zouden hierdoor wel eens in het voordeel kunnen zijn.

Een belangwekkend aspect is voorts de mogelijke verandering van de doorlooptijd van het ontwerpproces en van het bestelproces. In het algemeen wordt de doorlooptijd kleiner. Daardoor lijkt het mogelijk een aantal beslissingen later op het kritieke pad te kunnen nemen. Ook blijft het langer mogelijk nog een geheel nieuw alternatief in de overweging te betrekken. Dit is vooral van belang bij het ontwerpen van produkten die tot maatschappelijke discussies aanleiding geven. Toch moet men zich van de verkorting van de doorlooptijd geen overdreven voorstelling maken. In de conventionele ontwerpmethode zijn namelijk elementen aan te wijzen die met de vroegere hulpmiddelen niet konden worden geoptimaliseerd. Aanpassingen zullen vrijwel zeker zo geleidelijk verlopen dat ze niet als revolutionair hoeven te worden ervaren. Het ontwikkelen van nieuwe programmatuur waarmee de mogelijkheden van micro-elektronica tot hun recht komen, zal veel geld en tijd kosten.

4.3 Technische aspecten

4.3.1 Apparatuur

De technische hulpmiddelen die de ontwerper ter beschikking staan, zijn te onderscheiden naar grote centrale computers, minicomputers en microcomputers. De eerste twee worden via een eindtoestel gebruikt. Deze eindtoestellen groeien steeds meer uit tot zelfstandige werkeenheden met een toetsenbord, een beeldscherm (eventueel in kleur), een digitaliseer-eenheid, een plotter en een afdrukeenheid. Het digitaliseren heeft als regel betrekking op tekeningen. De meeste werkstations zijn nu nog aan minicomputers gekoppeld, maar er komt een verschuiving naar microcomputers. Er komen nu ook standaard modulen voor microcomputers, in combinatie met diskettes. Met zulke werkstations kan 90% van al het werk lokaal worden uitgevoerd, zodat decentrale verwerking wordt bevorderd. Door de voortgaande miniaturisering wordt ook het toepassingsgebied van

zakrekenmachines steeds groter (verwisselbare programmablokjes) en zal een reeks hulpmiddelen ontstaan met een vrijwel vloeiende overgang van zakrekenmachines, via tafelcomputers, naar eindtoestellen gekoppeld aan mini- en centrale computers.

Rond 1990 zal er voor de gebruiker vermoedelijk geen verschil meer zijn tussen deze typen dan de prijs en het is heel waarschijnlijk dat 90% van de dan verkochte computers microcomputers zijn of een equivalent daarvan. De resterende 10% bestaat uit grote centrale computers voor zeer gespecialiseerde toepassingen, zoals weersvoorspelling, beheer van grote informatiebestanden en gegevensverwerking voor overheidsdiensten.

De bediening van de apparatuur wordt steeds eenvoudiger. De communicatie tussen de mens en zijn elektronische hulpmiddel wordt steeds gebruiksvriendelijker, doordat de apparatuur steeds meer wordt afgestemd op de menselijke functies. Aanvankelijk stond alleen machinetaal ter beschikking, maar daarna verschenen hogere talen, als Algol, Fortran en Cobol. Naar verwachting zullen de machines rond 1990 zelf-programmerend zijn, wat vooral voor de verbreiding van de huiscomputer betekenis zal hebben. Technisch-wetenschappelijke programmatuur zal nog steeds door programmeurs worden gemaakt, omdat de computerfabrikanten van zelf-programmerende machines zich niet op dit terrein zullen richten.

De gebruiker van een programma worstelde eerst met een voor hem vreemde besturingstaal, terwijl die nu schuil gaat achter begrijpelijke commando's. De gebruiker hanteerde eeste ponsbanden of ponskaarten, maar werkt nu met toetsenbord en beeldscherm. De vroegste uitvoer bestond uit lijsten getallen, terwijl nu plotuitvoer en beeldschermweergave gewoon zijn. De beeldschermen zijn lang beperkt geweest tot zwart-wit beelden maar reeds zijn er beeldschermen met weergave in kleur. De volgende stap is dat grafieken en figuren in kleur gelezen worden door de computer en worden opgeslagen in een gegevensbestand. Het leesvermogen zal binnen 5 à 10 jaar sterk toenemen. Dit zal grote wijzigingen kunnen geven in de wijze waarop we een probleem aan de computer bekend maken. De invoer zal heel anders worden, mede omdat in de komende tien jaar grote vorderingen zullen worden gemaakt op het gebied van automatische spraakherkenning. Een dialoog zal mogelijk zijn, zij het met een beperkt aantal vastgelegde zinnen of woorden.

Er is moeilijk in het algemeen aan te geven welke soort computers

het meest geschikt zijn voor een bepaalde ontwerpeenheid. Kort geleden zijn ingenieursbureaus in grote getale overgestapt van externe grote centrale computers naar eigen minicomputers. De fabrikanten daarvan zullen hun series zeer waarschijnlijk met meer micro-elektronica uitrusten om zo verder te profiteren van de daling van de prijs van micro-elektronica. Ook kunnen kleinere versies worden geleverd. Het voordeel van deze toekomstige minicomputers is dat de programmatuur dezelfde blijft, zodat daarvoor geen grote investeringen nodig zijn.

4.3.2 Programmatuur

Voor de echte microcomputers is er geen standaard programmatuur. De huidige microcomputers bevatten ingebouwde programmatuur die niet of moeilijk is te wijzigen. Dat geeft problemen bij de integratie van microcomputers in specifieke bedrijfsomstandigheden. Veel gebruikers bouwen nu eigen programmaatjes. Er bestaat een gerechtvaardigde vrees voor programma-chaos, zolang er geen uitwisselbaarheid met de programmatuur van grotere computers mogelijk is. Overigens moet worden betwijfeld of een grote inspanning voor structurering en standaardisering van programmatuur van microcomputers de moeite loont. Deze inspanningen zullen jaren duren en alleen een levensvatbaar resultaat opleveren bij brede internationale aanvaarding. Studies voor het structureren van programmatuur dienen algemeen gehouden te worden. Zij moeten zowel de programma-architectuur omvatten als de gegevensstructuur waarop de programma's bewerkingen uitvoeren. Daartoe dient het ontwerpproces zelve te worden bestudeerd. Zulk speurwerk kan stimulansen geven voor het vervaardigen van bij-de-tijdse programmatuur.

Zulke programmatuur zal makkelijk te onderhouden zijn en laat zich op eenvoudige wijze aanpassen of uitbreiden. Het kan niet genoeg worden onderstreept hoe belangrijk goede programmatuur is. De ontwikkeling ervan en het onderhoud vormen de belangrijkste kostenpost in totale automatiseringssystemen.

Daarom kan de situatie ontstaan dat het afzonderlijke bedrijf in de toekomst wat minder gemakkelijk tot programmatuurbouw overgaat. Dat kan zijn om kostenredenen of vanwege de overweging dat de ontwikkeling te lang duurt (het bestek is al de deur uit als het programma eindelijk beschikbaar komt). Een structurele verbetering is wenselijk zodat meer kan worden geanticipeerd op toekomstige

behoeften. Dan wordt een programma niet ter hand genomen omdat één klant het nu wil of één incidenteel produkt er toe dwingt, maar omdat het op korte termijn voor een sector van het bedrijfsleven van betekenis kan worden. Dit noopt tot een voorziening in breder verband. Elk initiatief dat het particulier bedrijf als zelfstandige eenheid niet bedreigt en collectief optreden stimuleert, verdient krachtige steun.

4.4 Economische aspecten

De kostenfactoren binnen het ontwerpproces zijn vooral onder invloed van micro-elektronica sterk veranderd. Bestonden vroeger de kosten naast die voor huisvesting vrijwel geheel uit man-uren, nu is daar een belangrijke en op veel plaatsen nog toenemende post machinekosten aan toegevoegd (met daaraan toegevoegd kosten voor programmatuur, computerpersoneel enz.). We moeten ons dan ook afvragen wat voor effect automatisering heeft op de ontwerpkosten. Het maken van een goede kosten-baten analyse is moeilijk. De kosten zijn doorgaans voldoende duidelijk maar de baten zijn moeilijk te kwantificeren. Als motief voor automatisering wordt vaak aangevoerd dat men slagvaardig wil ontwerpen. Het praktische gevolg kan zijn dat een beter produkt wordt verkregen voor hetzelfde geld, maar het gaat te ver dit tot regel te verheffen. In een groter aantal gevallen wordt nog steeds hetzelfde produkt verkregen, maar met minder man-uren. De automatisering werkt dan capaciteit-vergrotend. De indruk bestaat dat deze vergroting tot nu toe ook nodig is geweest om aan de groeiende marktvraag te voldoen. Maar in een conjunctuur van stabilisatie of neergang is dit niet langer het geval. Dan is feitelijk alleen de kwaliteitsverhoging nog een rechtvaardiging voor automatiseringskosten. Er spelen echter ook immateriële overwegingen een rol, zoals de vraag wat de (internationale) concurrentie doet en de vraag of een klant computer-gesteund ontwerpen hoger aanslaat en dat kan ook voor goedkeurende instanties gelden. Ook kan meespelen dat het werven van goede jonge ingenieurs wordt vergemakkelijkt als geavanceerde ontwerp-instrumentatie tot de huisstijl behoort. Toch zal nuchterheid moeten worden betracht. Vaker dan vroeger wordt de vraag gesteld wat de effectiviteit van al het rekenen en tekenen is en hoe het te bewaken.

Er zijn ook nog steeds belemmeringen die het automatiseringsge-reedschap niet ten volle rendabel maken. Een voorbeeld daarvan is het van tevoren maximaliseren van de ontwerpkosten als een niet te overschrijden percentage van de totale investering. Juist vanwege de moderne hulpmiddelen kon het wel eens beter zijn meer geld aan het ontwerp te besteden teneinde geld te besparen bij de realisatie van het project. De kosten van het gebruik van de investering, jaarkosten, worden ook nog wel eens te weinig in het oog gehouden. Een andere belemmering is dat verfijnder rekenen nog te weinig wordt beloond. Waar dat gebeurt, moet een bonus worden gegeven, bijv. in de vorm van een hogere toelaatbare spanning. Ook de structuur van voorschriften kan goed computergebruik afremmen. De voorbeelden zijn bekend dat programma's niet succesvol konden worden omdat het voorschrift te detaillistisch was opgezet en nog duidelijk dateerde uit een periode waarin alleen met handrekenwerk rekening werd gehouden.

4.5 Sociale aspecten

Het gebruik van micro-elektronische hulpmiddelen heeft per definitie gevolgen voor het aantal arbeidsplaatsen en voor de opbouw van het functiepakket binnen een ontwerpeenheid. Het geven van een aanwijzing hoe het aantal arbeidsplaatsen zal veranderen, is echter moeilijk. Automatisering is maar één van de factoren die dit beïnvloedt en alleen het totale effect van al die invloeden kan worden geregistreerd. Tot nu toe is er geen sprake geweest van vermindering. Een constructeur die programma's gaat gebruiken, kan een constructie wel sneller uitrekenen, maar het voorbereiden van de invoer kost ook veel tijd. Verder ontstaat nu pas echt gelegenheid tot ontwerpen. Sommige variabelen kan men over een heel traject doorrekenen of men kan zelfs een geheel ander ontwerp ook helemaal doorrekenen. Vroeger bedacht men zich wel twee keer alvorens dat te doen. De microcomputer zal de hoeveelheid werk ook niet wezenlijk doen afnemen. Veel oud werk moge vervallen, er komen nieuwe werkzaamheden voor in de plaats. Microcomputers brengen de programma's dichter bij de gebruikers, maar hoeven niet noodzakelijk veel nieuwe rekenmogelijkheden te bieden. De geringe snelheid waarmee programma's voor nieuwe toepassingen kunnen worden geschreven zal een schokeffect voorkomen. Indien automatisering al

capaciteitsverhogend heeft gewerkt, dan is die capaciteitsvermeerdering ook hard nodig geweest om een groeiende markt te bevredigen. De vraag is echter of dit zo blijft. Als er veranderingen in de markt optreden, zullen deze snel veel belangrijker zijn voor het aantal arbeidsplaatsen dan de mate van automatisering. Om tot uitspraken op dit punt te komen zal men prognoses voor de markt moeten maken, liever dan veel inspanning te steken in de variaties die de automatisering tot gevolg heeft.

De wijzigingen in de opbouw van het functiepakket zijn iets beter aan te geven. Omdat tot nu toe het rekenen de meeste aandacht heeft gehad, valt hierover het meeste te zeggen.

In de constructiewereld worden naast elkaar de woorden ontwerper, constructeur en rekenaar gebruikt.

Soms zijn het verschillende woorden voor dezelfde man, het kan ook een nauwkeuriger precisering zijn van zijn werkelijke verantwoordelijkheid. Om dat toe te lichten moeten de constructiebureaus in twee categorieën worden verdeeld met elk hun eigen werkmethode. In de eerste categorie is de ontwerper ook de constructeur en rekent hij alles zelf uit. Dit wordt aangetroffen in bureaus en afdelingen van kleine omvang, waar waarschijnlijk in hoofdzaak routinematig ontwerpwerk plaatsvindt. Bij de tweede categorie is er enige mate van taaksplitsing en specialisering. Er is een ontwerper-constructeur en er is een rekenaar-constructeur.

De eerste categorie krijgt met de computer geavanceerd gereedschap ter beschikking waardoor moeilijker ontwerptaken kunnen worden aangevat. De vraag is of de opleiding daarmee gelijke tred heeft gehouden. Het wordt moeilijk de grenzen van het kunnen van een ingenieurs vast te stellen. Doordat ze vaak dezelfde programma's gebruiken, volgen ze een min of meer uniforme aanpak en wordt een bepaalde nivellering in de hand gewerkt. Door de komst van de micro-computer wordt dit alleen maar versterkt. Toch moet deze ontwikkeling positief worden benaderd en in de opleiding zal met deze trend rekening moeten worden gehouden. Dat kan door de constructeur in te leiden in het gedrag van meer constructietypen met minder detaillistische kennis over de rekenmethoden zelf. Gepleit wordt voor meer voorlichting over te verwachten typen van krachtswerking en minder diepgang in allerlei rekenalgoritmen.

In de categorie waarin vanouds een taaksplitsing bestaat tussen de ontwerper-constructeur en de rekenaar-constructeur, wordt met het

computerondersteund ontwerpen vooral de professie van de klassieke rekenaar uitgehold. Voor een deel kan de ontwerper-constructeur dit nu van hem overnemen. Belangrijker is echter een heel andere trend, namelijk het vervangen van de klassieke rekenaar door een nieuw type ingenieur, door de Amerikanen de 'structural analyst' genoemd. Incidenteel evolueert de oude rekenaar er zelf toe, maar meestal zijn het nieuwe jonge medewerkers. De 'structural analyst' heeft vaardigheid in het hanteren van de complexere systemen. Als hij ze al niet zelf heeft helpen maken, heeft hij zich er tenminste lange tijd in verdiept.

Zijn eigenlijke gebied is meestal de mechanica. Hij specificceert nieuwe programma's, prepareert algoritmen en kan de hoofdzaken van de systeemopzet bepalen. Kortom, hij is nauw verbonden aan de rekenmodellen en hij is bij het gebruik daarvan een onmisbare schakel. In Nederland zou hij model-ingenieur genoemd kunnen worden. Ze worden momenteel daar aangetroffen waar men zich specialisatie kan veroorloven. Dat is bij onderzoek-organisaties als Nederlands Scheepbouwkundig Proefstation, TNO, Laboratorium voor Grondmechanica, Waterloopkundig Laboratorium en bij grotere ingenieursbureaus en grotere overheidsdiensten. Aannemers halen zulke deskundigheid minder snel in huis.

De vanouds al geaccepteerde specialisatie zal zich nu nog sterker manifesteren. De ontwerper maakt een eerste concept en beslist in grote lijnen hoe de constructie moet worden. De krachtswerking in de constructie wordt hem aangereikt door de model-ingenieur, waarna hij op basis van de krachten en spanningen kan beslissen tot wijzigingen. Hij zal duidelijk steeds minder gevoel voor de krachtswerking opbouwen, maar moet toch de uiteindelijke beslissingen nemen. Daarentegen heeft de model-ingenieur juist veel gevoel voor de krachtswerking en voor het model waarmee deze bepaald wordt, maar hij heeft weinig invloed op de beslissingen. Het plan wordt door een ander gemaakt en op basis van zijn resultaten wordt door anderen verder gewerkt.

Beide trends hebben hun schaduwzijde, maar zij zullen waarschijnlijk verder doorzetten. Hoe men zulke trends moet stoppen, is een verkeerde vraag. De vraag moet eerder zijn hoe men deze ontwikkelingen kan leiden. Hier liggen taken voor de TH's en HTS'en en voor KIVI en NIRIA. Als er negatieve kanten zijn, moeten deze vastgesteld worden. Sommige ingenieurs gaan werken op een smal

gebied, waardoor het gevaar voor blikvernauwing ontstaat. De model-ingenieur lijkt het meest kwetsbaar. Ook de erkenning van de ingenieur is daarmee gemoeid. Het is nog altijd een goed perspectief om op den duur een breedkijker te worden. Dan past men in managementfuncties en is de maatschappelijke status verzekerd. Voor de model-ingenieur is het minder gemakkelijk tot zulke posities uit te groeien, zodat hij zulk werk niet te lang zal willen doen. Het gebeurt nogal eens dat jonge mensen die met veel kosten in de diepte zijn opgeleid, vrij plotseling besluiten hun kennis alsnog te gaan verbreden. Om zulke investeringsverliezen te vermijden, moet meer mobiliteit worden gecreëerd en is een alternatief loopbaanbeleid vereist.

In de toekomst zal vooral het tekenaandeel onderwerp van automatisering zijn. De tekensystemen vragen nog altijd een bepaalde specifieke deskundigheid. Een rekenaar kan misschien wel een deel van dat werk aan zich trekken, maar voor het grootste deel ervan lijken nog steeds aparte kunde en vaardigheid nodig, alleen anders dan van de klassieke tekenaar. Voor deze categorie wordt toch wel verwacht dat het aantal arbeidsplaatsen zal verminderen, ook al omdat de functie van de tekening zal veranderen. De tekenaar zal ook vaardig moeten zijn in het hanteren van de gegevensbanken, want vooral hij zal deze bestanden voor een belangrijk deel samenstellen of uitbreiden.

4.6 Opleidingsaspecten

Voorheen is al besproken dat een ontwerper-constructeur een heel belangrijke beslissing moet nemen welk programma hij zal gaan gebruiken. Hij moet daarop worden voorbereid in zijn opleiding. Dat houdt tegelijk een wens in over de aard van zijn programmakennis. Hij moet niet vermoeid worden met detailkennis over het programma zelf, maar zal vooral de functies van de programma's uitgelegd moeten krijgen. Hij zal zo weinig mogelijk numerieke algoritmen moeten leren, maar zoveel mogelijk constructief inzicht moeten verwerven. Nagegaan moet worden welke mogelijkheden er zijn, want de bestaande curriculae zijn reeds zeer vol, zodat nieuwe vakken niet gemakkelijk plaats krijgen.

De constructeur moet de kunst beheersen zijn constructie zo te schematiseren, dat deze toegankelijk wordt voor een berekening. Dit was ook al het geval voordat computers werden gebruikt. Door

de computerprogramma's komt hier nog een fase achteraan. Het is in een aantal gevallen nodig de geïdealiseerde constructie te modelleren om hem in het programma te kunnen invoeren. Bij een berekening volgens de eindige elementenmethode is dat het kiezen van een element-indeling. Veel meer nog dan voorheen, zal vaardigheid moeten worden bijgebracht in schematiseren en modelleren.

De constructeur is de man die de eindverantwoordelijkheid draagt. Dat betekent dat hij moet worden getraind in het controleren van complexe computerberekeningen.

Men kan dan denken aan een controle op de invoer, aan evenwichtscontroles, aan het schatten van de grootte van verplaatsingen en meer algemeen aan het bijdragen van een kwalitatieve verwachting van het gedrag van een constructie. Het is nooit met zekerheid vast te stellen of elk uitvoergetal correct is, maar de bestaanbaarheid en de redelijkheid van een oplossing is altijd te toetsen. Voor de model-ingenieur ligt er ook een taak in de programmakeuze, maar de programma's zullen doorgaans wat geavanceerder berekeningen mogelijk maken. Daarom is de aard van de programmakennis nu ook anders. De kennis van de programma's zal grondiger moeten zijn en zal naast fysisch en constructief inzicht ook uit kennis van de gebruikte algoritmen bestaan. Deze kennis kan dienstig zijn bij het evalueren van programma's, maar ook bij het specificeren van nieuwe programma's of van programma-uitbreidingen.

De vaardigheid om met de toekomstige tekensystemen om te gaan, moet nog kristalliseren. Is dit weggelegd voor een MTS-er nieuwe stijl, of is het een element voor het hoger beroepsonderwijs of hoger? In ieder geval zal de opleiding aanzienlijk meer op gebruikers georiënteerde toegepaste informatica inhouden dan nu. De functie van de nieuwe toekomstige componenten moet immers duidelijk zijn, wil men er een efficiënt gebruik van maken. Dit moet een plaats vinden in het reguliere onderwijs, maar even belangrijk is de nascholing van zovelen die al in de industrie en bouwnijverheid werkzaam zijn.

De opleidingswensen zijn niet gering. Een probleem is daarbij dat de ontwikkeling op het computergebied zo snel verloopt, dat een medewerker zich enkele malen gedurende zijn loopbaan zal moeten heroriënteren. Gezocht worden opleiders die zich vanwege deze snelle computerrevolutie voortdurend opnieuw willen oriënteren en die toch steeds in de computer slechts het hulpmiddel blijven zien

en het ontwerpen als hun hoofddoel. In de toekomst kan daarom het opleiden van de opleiders wel eens een groot probleem blijken te zijn. Daarom moet op twee sporen worden gereden. Er moet niet alleen worden gewerkt aan herziening van de curriculae van het reguliere onderwijs en aan het organiseren van nascholingscursussen. Even belangrijk is het opbouwen van een structuur om de docenten in de gelegenheid te stellen bij te blijven. Omdat met bij blijven niet alleen kennen, maar vooral kunnen wordt bedoeld, zal men sterk moeten bevorderen dat meer docenten deeltijds in het bedrijfsleven werkzaam kunnen zijn. Door met een groter aantal deeltijd docenten te werken bevruchten de industrie en de bouw het technisch onderwijs en blijven de docenten bij. Het lijkt de moeite waard voorstellen in deze richting uit te werken.

5. SAMENVATTING

Hoewel het terrein van het ontwerpen zeer divers is (het ontwerpen van bijv. een gebouw, een schip of een procesindustrie loopt sterk uiteen), ziet men bij de organisatie van het ontwerpproces toch veel overeenkomst. Men kan drie hoofdfasen onderscheiden. In de eerste fase, de probleem-definitie, worden de ontwerpgrenzen bepaald. De meestbelovende concepten worden gezien op mogelijkheden en problemen. De volgende stap, de bepaling van de werkwijze, legt de structuur van het object vast. Het programma van eisen wordt opgesteld. Tenslotte wordt in de vormgevende fase het definitieve ontwerp tot stand gebracht. Tekeningen, specificaties en bewerkingsmethoden worden vastgelegd en materialen worden gekozen.

Het ontwerpproces, waar in Nederland ruw geschat ongeveer 50.000 mensen in werken, speelt zich af zowel in kleine bedrijfjes als bij grote ingenieursbureaus en in ontwerpafdelingen van grote bedrijven. Gebruik van micro-elektronica zal voor het kleine bureau iets heel anders betekenen dan voor het grote. Derhalve is het erg moeilijk algemene ondubbelzinnige schetsen te maken, die de mogelijkheden van micro-elektronica tonen. Tot nu toe is het gebruik ervan enigszins tegengevallen. Dit heeft verscheidene oorzaken. Het merendeel van de bedrijven is klein. De investeringen voor invoering van de computer waren of zijn erg hoog. De aandacht voor de computer kwam vooral van de kant van de hoogwaardige industrie, zoals ruimtevaart en vliegtuigbouw. Toch is op het ogenblik een stadium bereikt waarin de invoering van micro-elektronica door de prijsverlagingen, het grotere aantal mogelijkheden, de gemakkelijke hanteerbaarheid en het bedieningsgemak, gestalte gaat krijgen.

Een positief punt bij de vernieuwingen in het ontwerpproces is, dat nu constructies of processen kunnen worden ontworpen, c.q. berekend, die vroeger zonder computer niet mogelijk waren. Ook is te verwachten dat de doorlooptijd van het ontwerpproces kleiner wordt. Daardoor is het mogelijk sommige beslissingen tot een latere fase uit te stellen. Verder kan men in een later stadium van het ontwerp nog een geheel nieuw alternatief in de overweging meenemen. Hier staan enkele negatieve punten tegenover. Het is denkbaar dat men niet alle mogelijke produktrealisaties beziet, omdat

men zich beperkt tot rekenprogramma's waartoe men vanuit de eigen eenheid toegang heeft. Een ander gevaar bestaat wanneer goedkeurende instanties het gebruik van bepaalde programma's gaan eisen of bevoordelen. De kans is dan groot dat op den duur dit gebruik door de goedkeurende of certificerende instanties tot norm wordt verheven.

Naast het rekenen kunnen nu ook andere activiteiten zoals ontwerpen en tekenen in het ontwerpproces met behulp van micro-elektronica worden uitgevoerd (CAD = Computer Aided Design). Daardoor is een trend waar te nemen waarbij de tekening een andere functie krijgt. Vroeger maakte de tekening in detail duidelijk wat vervaardigd moest worden, maar niet hoe dit moest gebeuren. De uitvoerder wist dat dan wel. Nu verschuift de informatie op de tekening naar instructies voor de uitvoering, zodat de taakstelling van de tekenaar en het aandeel van het tekenwerk veranderen. Waar de verhouding van tekenen en ontwerpen, uitgedrukt in man-uren, vroeger overhelde naar het tekenen, is er nu een tendens van minder tekenwerk naar meer ontwerpen.

Micro-elektronica zal de ontwerper veel steun kunnen bieden bij het opzoeken en opslaan van gegevens in gegevensbanken. In de nabije toekomst is te verwachten dat specifiek op het ontwerp toegesneden gegevensbanken zullen worden geïntroduceerd. De ontwikkelingen van de programmatuur hebben geen gelijke tred gehouden met die van de apparatuur. Het programmatuur-aspect zal nog wel enige tijd de zwakke schakel voor de echte micro-computers vormen. De technische mogelijkheden zijn enorm, maar er is geen programmatuur die past bij de wensen van de klant. De samen met de apparatuur geleverde programmatuur heeft het bezwaar dat er moeilijk in kan worden gewijzigd, hoewel de behoefte tot aanpassen en uitbreiden bij de gebruiker wel steeds aanwezig is.

Naast de meegeleverde programmatuur worden eigen programma's gemaakt. Er bestaat een gerechtvaardigde vrees voor een programma chaos. Het structureren van programmatuur is hard nodig, al zal er geen economisch acceptabele oplossing voor elk bedrijf apart mogelijk blijken. Dit noopt tot een voorziening in breder verband. Elk initiatief dat het particulier bedrijf als zelfstandige eenheid niet bedreigt en toch collectief optreden stimuleert, verdient krachtige steun.

Onder invloed van micro-elektronica zijn de kostenfactoren binnen het ontwerpproces sterk veranderd. Bestonden vroeger de kosten,

naast die voor huisvesting, vrijwel geheel uit man-uren, nu komt daar een belangrijke post machinekosten bij. Wat voor effect heeft automatisering op de totale ontwerpkosten? Leveren we hetzelfde produkt voor minder geld, of een beter produkt voor hetzelfde geld? De indruk bestaat dat automatisering van het ontwerpproces hetzelfde produkt levert met minder man-uren en met een betere kwaliteit. Daarbij speelt de (internationale) concurrentie een rol, alsmede de vraag naar computer-gesteund ontwerpen.

Een van de kostenfactoren die automatisering in de weg staan, is het tevoren maximaliseren van de ontwerpkosten als een percentage van de totale investering. Juist vanwege de moderne hulpmiddelen kon het wel eens beter zijn meer geld aan het ontwerp te besteden teneinde geld te besparen bij de realisatie en bij het latere onderhoud. Een andere factor is dat de technische voorschriften zo conservatief zijn, dat verfijnder rekenen niet wordt gehonoreerd.

Hoe het aantal arbeidsplaatsen in het ontwerpproces en de inhoud ervan zal veranderen ten gevolge van de invoering van micro-elektronica is moeilijk aan te geven. Men kan zich afvragen of de computer de hoeveelheid werk werkelijk sterk verandert. Veel traditioneel werk zal misschien komen te vervallen, maar er komen nieuwe werkzaamheden voor in de plaats. Wanneer er veranderingen in de arbeidsmarkt optreden, zullen deze eerder het gevolg zijn van de algemene economische toestand dan van de mate van automatisering.

Wel zal er een duidelijke verschuiving van de werkzaamheden van de huidige ontwerper, constructeur, rekenaar en tekenaar plaatsvinden. De taak van de klassieke rekenaar zal veranderen. De ontwerper-constructeur zal een deel van zijn taak overnemen. Bovendien komt er een nieuw type ingenieur, door de Amerikanen de 'structural analyst' genoemd. Hij moet vaardigheid bezitten in het hanteren van complexe systemen. In Nederland zou hij model-ingenieur genoemd kunnen worden.

Ook het aandeel van tekenen in het ontwerpproces zal worden beïnvloed door de komst van micro-elektronica. De vraag naar de traditionele tekenaar zal afnemen. Zijn taak zal veranderen. Hij zal vaardigheid moeten krijgen in het ontwerpen van gegevensbanken, omdat hij bij het samenstellen en uitbreiden hiervan een belangrijke rol zou kunnen spelen. Bij de organisatie van het ontwerpproces zal de strakke verdeling in specialismen verdwijnen en er zal een integratie van activiteiten optreden. Een grotere vraag

naar mensen die van meerdere markten thuis zijn, zal hiervan het gevolg zijn. Voordat het hierboven geschetste beeld gerealiseerd is, zullen enige jaren verstreken zijn. De veranderingen zullen van iedereen medewerking en aanpassing vergen. Opleidingen op ieder niveau zullen aangepast moeten worden. Ook herscholing en bijscholing zullen noodzakelijk zijn, wil men in de toekomst bijblijven. In de komende jaren zal een gebrek aan goede docenten op dit gebied een probleem kunnen worden.

Overzicht van reeds verschenen publikaties van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek

1. Toekomstbeeld der Techniek; ir. J. Smit, 1968
2. Techniek en Toekomstbeeld, Telecommunicatie in telescopisch beeld; prof. dr. ir. R.M.M. Oberman, 1968
3. Verkeersmiddelen; prof. ir. J.L.A. Cuperus, prof. ir. J.H. Krietemeijer, ir. G. Veldhuyzen, ir. F. Oudendal, prof. ir. G.J. van der Burgt en prof. ir. H. Wittenberg, 1968
4. Hoe komt een beleidsvisie tot stand? ir. P.H. Bosboom, 1969
5. De overgangsprocedures in het verkeer; prof. ir. J.L.A. Cuperus, prof. dr. L.H. Klaassen, mr. R.J.H. Fortuyn, mr. M.G. de Bruin, A. Blankert, mr. Th. van der Meer, drs. J.A. van de Kamp, prof. drs. E.A. van de Poll, ir. G.C. Meeuwse, A.M. Lels, mr. M. van den Bos en E. van Donkelaar, 1969
6. De invloed van goedkope elektrische energie op de technische ontwikkeling in Nederland; dr. P.J. van Duin, 1971
7. Electrical energy needs and environmental problems, now and in the future; ir. J.H. Bakker, prof. dr. J.J. Went, dr. K.J. Keller, ir. A.J. Elshout, H. van Duuren, ir. J.L. Koolen, P.E. Joosting, dr. J.C. ten Houten, J.A.G. Davids, prof. dr. J.A. Goedkoop en ir. M. Muysken, 1971
8. Mens en milieu: prioriteiten en keuze; ir. L. Schepers, dr. ir. W.J. Beek, prof. dr. D.J. Kuenei, prof. H. van Genderen, dr. ir. L.J. Revallier en dr. ir. H. Hoog, 1971
9. Het voeden van Nederland nu en in de toekomst; prof. dr. ir. M.J.L. Dols, drs. J. de Veer, dr. C. Engel, prof. dr. J. Boldingh, prof. dr. H. Doorenbos, drs. W.C. Bus, ir. H. Glazenburg en prof. dr. A.G.M. van Melsen, 1971
10. Barge Carriers; some technical, economic and legal aspects; drs. W. Cordia, mr. G.J.W. de Vries en ir. N. Wijnolst, 1972
11. Transmissiesystemen voor elektrische energie in Nederland; prof. dr. J.J. Went, ir. A. Govers, drs. M.C. Lelie en prof. ir. H. Wiggerts, 1972
12. Elektriciteit in onze toekomstige energievoorziening: mogelijkheden en consequenties; dr. ir. H. Hoog, ir. P.J. Wemelsfelder, prof. ir. D.G.H. Latzko, dr. D.J. Kroon en prof. ir. J.J. Broeze, 1972
13. Communicatiestad 1985: elektronische communicatie met huis en bedrijf; prof. dr. ir. J.L. Bordewijk e.a., ir. D. van den Berg en dr. W. Horn, 1973
14. Techniek en preventief gezondheidsonderzoek; dr. M.J. Hartgerink, prof. dr. H.H.W. Hogerzeil, prof. dr. ir. P. Eykhoff, prof. dr. J.C.M. Hattinga Verschure, prof. dr. H.J.J. Leenen, dr. P. Gootjes, prof. dr. A.H. Wiebenga en ir. D.H. Bekkering, 1973
15. Technologisch verkennen: doelstellingen en methoden; ir. A. van der Lee, drs. Th.M.A. Bemelmans en dr. ir. W.J. Beek, 1973
16. Mens en milieu: beheerste groei; stuurgroep en werkgroepen voor milieuzorg, 1973
17. Mens en milieu: zorg voor zuivere lucht; stuurgroep en werkgroepen voor milieuzorg, 1973
18. Mens en milieu: kringlopen van materie; Stuurgroep, Werkgroepen, Milieuzorg, 1973
19. Energy Conservation: ways and means; edited by J.A. Over and A.C. Sjoerdsma, 1974
20. Voedsel voor allen, plaats en rol van de EEG; prof. dr. J. Tinbergen, prof. dr. ir. J. de Hoogh, dr. J.R. Jensma, prof. drs. J. de Veer, ir. I.B. Warmenhoven, dr. ir. A.W.G. Koppejan, ir. K.K. Vervelde en dr. ir. W.J. Beek, 1976
21. Stedelijk verkeer en vervoer langs nieuwe banen?; redactie: ir. J. Overeem, 1976
22. Materialen voor onze samenleving; redactie: ir. J.A. Over, 1976

23. De industrie in Nederland; Verkenning van knelpunten en mogelijkheden; redactie: ir. H.K. Boswijk en ir. R.G.F. de Groot, 1978
24. Toekomstbeeld der industrie; prof. dr. P. de Wolff, drs. R.F.M. Lubbers, dr. ir. H. Kramers, prof. ir. J. in 't Veld en mr. G.A. Wagner, 1978
25. Arts en gegevensverwerking; redactie: ir. R.G.F. de Groot, 1979
26. Bos en hout voor onze toekomst; redactie: ir. T.K. de Haas, ir. J.H.F. van Apeldoorn en ir. A.C. Sjoerdsma, 1979
27. Steenkool voor onze toekomst; eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma, 1980

Overige uitgaven:

De innovatienota; een aanvulling; ir. H.K. Boswijk, dr. ir. J.G. Wissema en prof. W.C.L. Zegveld, 1980

Deze publikaties zijn schriftelijk te bestellen bij:

Stichting Toekomstbeeld der Techniek
postbus 30424
2500 GK DEN HAAG

28. Distributie van consumentengoederen; informatie en communicatie in perspectief; redactie ir. R.G.F. de Groot, 1980 (ISBN 90 6275 052 4)
29. Wonen en techniek; ervaringen van gisteren, ideeën voor morgen; redactie: ir. J. Overeem en dr. G.H. Jansen, 1981 (ISBN 90 6275 053 2)
30. Biotechnology: a Dutch Perspective; edited by J.H.F. van Apeldoorn, 1981 (ISBN 90 6275 051 6)
31. Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting; ir. H.K. Boswijk e.a., 1981 (ISBN 90 6275 064 8)

Bij deze studie behorende deelstudies zijn los verkrijgbaar

- 31-1 Micro-elektronica: de Rundveehouderij;
- 31-2 Micro-elektronica: de Grafische industrie en Uitgeverijen;
- 31-3 Micro-elektronica: Procesinnovatie in de sector Elektrometaal;
- 31-4 Micro-elektronica: Produktinnovatie van consumentenprodukten en diensten voor gebruik in huis;
- 31-5 Micro-elektronica: het Ontwerpproces;
- 31-6 Micro-elektronica: het Bankwezen;
- 31-7 Micro-elektronica: het Kantoor;
- 31-8 Micro-elektronica: het Reiswezen;
- 31-9 Micro-elektronica: de Belastingdienst.

Publikaties 28 en later zijn verkrijgbaar bij de boekhandel of bij de uitgever;

Delftse Universitaire Pers
Mijnbouwplein 11
2628 RT DELFT.



delftse universitaire pers

