

De evolutie van een ontwerp

genetisch materiaal, combinaties, mutaties en een selecterend milieu

Prof.dr.ir. Taeke M. de Jong 2009-09-04 <http://team.bk.tudelft.nl/>

Lezing uitgesproken in de Botanische Tuin voor technische gewassen TUDelft op 11 september 2009

1 DE TAAK VAN HET ONTWERPEN.....	1
Inleiding	1
Waarschijnlijkheid, het genetische materiaal.....	1
Onwaarschijnlijke mogelijkheden	2
Voorstelbare mogelijkheden	2
Voorstelbaar maken.....	3
Onvoorstelbare mogelijkheden?	3
Voorstelbare mogelijkheden	3
Steeds meer wordt voorstelbaar.....	3
De natuur laten werken is goedkoper dan zelf doen	4
De taak van het ontwerpen.....	4
2 COMBINATIES, MUTATIES EN SELECTIE IN WETENSCHAP EN ONTWERP	4
Wetenschap als ontwerp	4
Verskil in selectie	4
Combinatoriek.....	4
Mogelijke varianten om materialen over locaties te verdelen.....	5
Meer categorieën verdelen over locaties.....	5
Een combinatorische explosie van varianten	5
Selectie van varianten	5
Onvergelijkbare categorieën in het ontwerp	5
Combinaties van genetisch materiaal.....	6
Combinaties van onvergelijkbare categorieën.....	6
Mutaties	6
3 VOORBEELDEN VAN ONTWERPPROCESSEN	6
Het programma van eisen voorop	6
De mogelijkheden van de locatie voorop.....	8
De ontwerpmiddelen voorop.....	9
Combineren, weglaten, aanpassen	10
Stellingen over de evolutie van een ontwerp.....	10

1 DE TAAK VAN HET ONTWERPEN

Inleiding

Een ontwerpproces dat zich over dagen, weken of maanden uitstrekt heeft iets weg van de evolutie van het leven die wij menen te kennen uit overblijfselen van de afgelopen 3 miljard jaar.

Dat geldt voor ontwerpprocessen zoals onderwezen aan de Faculteit Bouwkunde TUD (waar ik als hoogleraar Technische Ecologie en Methoden al 20 jaar een inspirerende werkring heb gevonden), maar het geldt waarschijnlijk ook bij ieder ander ontwerpproces.

De evolutiebiologie zou een inspiratie kunnen zijn voor een effectieve fasering van het ontwerpen.^a En voor mij is ontwerpen het cruciale kenmerk dat mensen van dieren onderscheidt.

Waarschijnlijkheid, het genetische materiaal

De titel van deze lezing is meteen haar samenvatting. Het gaat dus niet om een ontwerp van de evolutie, maar omgekeerd om de genen, combinatoriek, mutaties en het milieu van een ontwerp. Hoe zijn mensen na 3 miljard jaar sinds de 3 miljoen jaar dat zij bestaan de afgelopen 3 duizend jaar in staat gebleken om zo snel zo veel nieuwe mogelijkheden te ontwikkelen? 'Nieuwe mogelijkheden ontwikkelen' is hier mijn definitie van ontwerpen. Het gaat daarbij dus niet om het ontwikkelen van waarheden of waarschijnlijkheden, maar van mogelijkheden. Het formuleren van waarheden of

^a Zie ook Steadman, Philip (1979, 2008) *The evolution of designs* (New York) Routledge

waarschijnlijkheden die de bestaande werkelijkheid nauwgezet volgen of simuleren is de taak van de wetenschap. Daarbij is alles wat waar is ook waarschijnlijk, maar niet alles wat waarschijnlijk is, is ook waar. Waarheid is een deelverzameling van waarschijnlijkheid. Waarschijnlijkheid *omvat* waarheid.

Onwaarschijnlijke mogelijkheden

Wat waar is of waarschijnlijk, is vervolgens per definitie mogelijk, maar niet alles wat mogelijk is, is ook waarschijnlijk, laat staan 'waar'. Waarschijnlijkheid is weer een deelverzameling van wat mogelijk is. Mogelijkheid omvat dus waarschijnlijkheid. Wetenschap is daarom onderdeel van het ontwerpen waarmee mensen zich onderscheiden van dieren. De wetenschap zelf is immers door mensen ontworpen. Wetenschap *veronderstelt* dus ontwerp, niet omgekeerd. De ontwerper is empirisch-wetenschappelijk gezien zelfs een leugenaar, want wat zij of hij tekent is niet waar of waarschijnlijk. Het is *mogelijk* (zie Fig. 2).

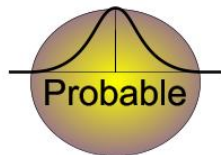


Fig. 1 The task of empirical research

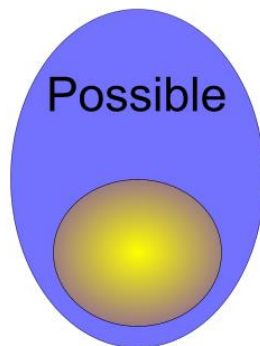


Fig. 2 The task of technical design

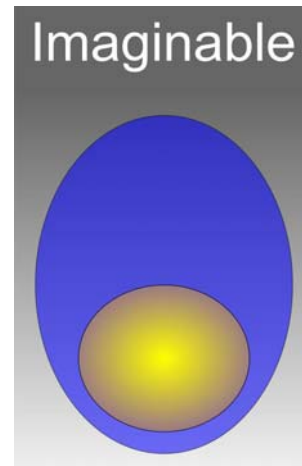


Fig. 3 Art's task

Voorstelbare mogelijkheden

Het is duidelijk dat wat niet mogelijk is nog wel voorstelbaar kan zijn (zie Fig. 3).

Denk maar aan de tekeningen van Escher, science fiction films of verhalen over tijdreizen.

Het exploreren en uitbreiden van het voorstelbare beschouw ik als taak van de kunst.^a

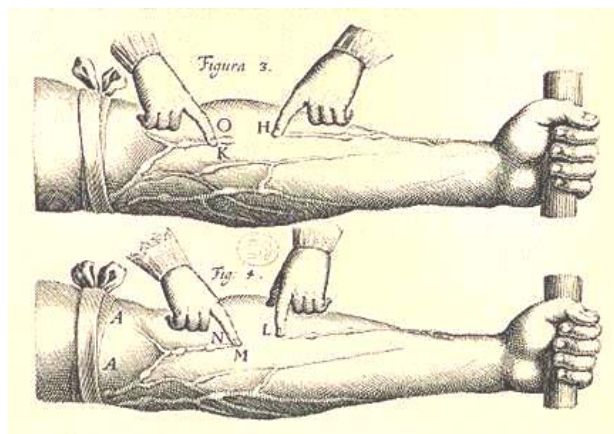
Die werking van kunst op de wetenschap wordt wel eens onderschat.

Leonardo da Vinci moest in zijn anatomische tekeningen eerst een voorstelling maken van de werking van het hart voordat Harvey 100 jaar later zich een bloedsomloop kon voorstellen en haar vervolgens onderzoeken en bewijzen. En er zijn ook abstractere voorstellingen die ons de ogen kunnen openen.



RL19112r

Fig. 4 Het hart getekend door Leonardo da Vinci in 1509



Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus.

Fig. 5 Het bewijs van bloedsomloop door Harvey in 1628

^a Jong, Taeke M. de (2008) *Art's task for science* (Zoetermeer) Opening course Art Science 2008-2009 <http://team.bk.tudelft.nl/> > Publications 2008

Voorstelbaar maken

Het visualiseren van een proces maakt eerder onvoorstelbare processen voorstelbaar. Zij nodigen vervolgens uit tot gericht nader onderzoek. Er is bijvoorbeeld een spectaculaire filmische voorstelling hoe genen gerepareerd worden door inspectie-eiwitten (fotolyase) die de strengen langslopen en helpers (knippers, kopieerders en opvullers) oproepen als dat nodig is (zie Fig. 6). De Rotterdamse celbioloog prof. Bootsma vertoonde die film bij zijn afscheidsrede in 2002.

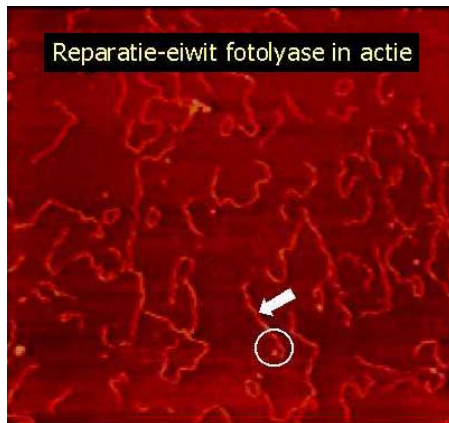


Fig. 6 Reparatie-eiwitten ...

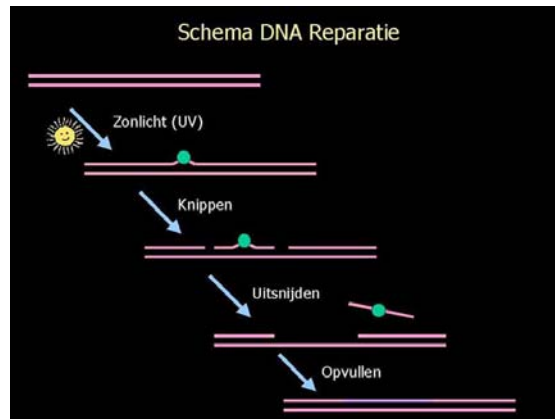


Fig. 7... hun globale werking

Inmiddels kunnen we nu ook steeds beter begrijpen hoe dat in zijn werk gaat (zie Fig. 7). De overdracht van die genetische code naar structuren en processen verderop in de cel vergt vervolgens nog wel enig voorstellingsvermogen en daarna onderzoek.

Onvoorstelbare mogelijkheden?

De vraag of alles wat mogelijk is ook voorstelbaar is, is moeilijker te beantwoorden. Zijn er misschien principieel onvoorstelbare mogelijkheden? Zijn onze taal en tekeningen wel voldoende? Die vraag is volgens Wittgenstein onbeantwoordbaar, omdat we die voorstelbaarheids-grens pas kunnen bepalen als we ons ook het onvoorstelbare aan de andere kant van die grens kunnen voorstellen. En dat lijkt ongerijmd.

Voorstelbare mogelijkheden

Er wordt echter wel steeds meer voorstelbaar, zodat die grens lijkt op te schuiven. Op 2 maart van dit jaar promoveerde Wouter Lems^a bij Prof. Schoonman onder mijn voorzitterschap op de nog steeds onvoorstelbaar effectieve energieomzettingen in de levende cel. Daarvan zouden we kunnen leren hoe het energieverlies bij elke omzetting die als warmte verdwijnt toch weer benut kan worden (exergie). Wij weten wel veel van de levende cel, maar we kunnen nog relatief weinig van de complexe reacties ook in een reageerbuis nabootsen. De levende cel creëert namelijk (selectief afgesloten van de wanordelijke buitenwereld) de ideale condities voor elke stap in die complexe reacties. De verschillende, steeds andere condities die daarvoor nodig zijn, zijn in de hoger georganiseerde cellen (vooral eukaryoten) daarbinnen nog eens met één of meer membranen gescheiden en selectief verbonden (als kamers met deuren in een huis).

Steeds meer wordt voorstelbaar

Hoe de genen met hun boodschappers die interne membranen op hun plaats krijgen, de reactiecomponenten met hun katalysatoren naar de optimale plaats van hun reactie brengen en doorsluizen voor een volgende stap (biochemische route) is inmiddels in grote lijnen voorstelbaar geworden.^b De bouwstenen van membranen (fosfolipiden) hebben een grote affiniteit voor elkaar en als je ze in de reageerbuis samen schudt kun je spontaan membraanvorming laten zien. De eiwitten die in die membranen ingebed zijn, zijn meestal voorzien van een extra stukje van zo'n 20 aminozuren, het adres waardoor het eiwit op de juiste plaats in een specifiek membraan komt te zitten. Complexe reacties worden vaak uitgevoerd door complexen van eiwitten in het membraan of soms daarbuiten. Chaperonne-eiwitten helpen de aminozuurketens op de juiste ruimtelijke manier

^a Lems (2009) *Thermodynamic explorations into sustainable energy conversion* (Delft) TUD thesis

^b Met dank aan Prof. Kuenen. Voor deze en de volgende paragraaf corrigeerde hij mijn verouderde beeld van de microbiologie. Enkele passages zijn hier dan ook van hem afkomstig.

opvouwen. Maar zoals gezegd: de details om dit echt na te bootsen in een reageerbuis kennen we meestal onvoldoende. Nabootsen buiten de cel vergt verdergaand gedetailleerd onderzoek en zou voor een industrieel proces ook oneconomisch zijn.

De natuur laten werken is goedkoper dan zelf doen

In de fabriek laten we dus intacte schimmels (bijvoorbeeld om penicilline te produceren) of bacteriën (bijvoorbeeld anammox, zie hieronder) het werk doen door de juiste uitwendige condities te scheppen. Zo heeft de natuur in de miljoenen jaren evolutie ook talloze oplossingen gevonden voor recycling. Veel daarvan kennen we nog niet. Soms wordt een nieuwe oplossing in de natuur ontdekt. Zo heeft de Delftse groep van prof. Kuenen^a de anammoxbacteriën^b geïdentificeerd. Zij blijken in staat de stikstof in ammoniak heel milieuvriendelijk uit vervuild water te verwijderen. Dit leek lange tijd onmogelijk, maar het wordt na deze ontdekking steeds vaker in de industrie toegepast. Die ontdekking heeft een deel van wat wij op de middelbare school over de stikstofkringloop hebben geleerd en meenden te begrijpen op losse schroeven gezet. We hadden er nog geen goede voorstelling van.

De taak van het ontwerpen

Toch is hier in grote lijnen nog steeds meer sprake van ontdekken dan van ontwerpen, al komt genetische modificatie (een kunstmatige mutatie, bijvoorbeeld om insuline te produceren) daar dichtbij. Wat wel ontworpen wordt is het scheppen van de juiste condities, verder worden voornamelijk bestaande mogelijkheden uit de natuur toegepast.

Het wiel-met-as is echter een uitvinding, omdat die in de natuur voordat de mens verscheen niet voorkomt. De rol van elektriciteit in onze samenleving is ook anders (hogere spanningen en stroomsterktes) dan wat wij inmiddels in de natuur aan elektrische werkingen hebben ontdekt. De taak van het ontwerpen, en dus van een technische universiteit, is het exploreren van nieuwe mogelijkheden, of meer begrensd: het exploreren van wat binnen die mogelijkheden uitvoerbaar is. Die nadere begrenzing vindt plaats door selectie in een economisch, cultureel en bestuurlijk milieu.

2 COMBINATIES, MUTATIES EN SELECTIE IN WETENSCHAP EN ONTWERP

Wetenschap als ontwerp

De taak van het ontwerpen is dus het formuleren van mogelijkheden die juist afwijken van wat waarschijnlijk is, anders zou het empirisch voorspellen zijn. Dat betekent trouwens, dat het ontwerpen wetenschap *omvat* en niet omgekeerd: wetenschap kan het ontwerpen niet geheel omvatten omdat zij zelf één van de ontwerpen is die mensen hebben voortgebracht.

Het ontwerpen maakt wel gebruik van wetenschappelijke resultaten (het overgedragen en geselecteerde 'genetische materiaal' waarin ervaring (empirie) van voorafgaande generaties is opgeslagen) maar dat is niet zijn kerntaak.

Verskil in selectie

Het ontwerpen produceert geen voorspellingen, maar onwaarschijnlijke combinaties en mutaties die het empirische materiaal met artefacten kunnen uitbreiden. Zij worden door de overheid of de markt geselecteerd.

In de wetenschap is het selecterende publiek nader beperkt tot vakgenoten (peers).

De combinaties zijn daar beperkt tot grootheden die vergelijkbaar zijn (op eenzelfde noemer te brengen). De mutaties zijn paradigmawisselingen die bestaand empirische materiaal meer recht doen.

Combinatoriek

Architekten en stedenbouwkundigen die te zeer aan voorbeelden (precedenten) gebonden zijn (het genetische materiaal van de bouwkunde), komen niet op andere nieuwe ideeën dan combinaties van het bestaande.

Het ontwerpen is dus meer dan combineren, maar het combineren van bekende categorieën produceert op zichzelf wel al een 'combinatorische explosie' van nieuwe mogelijkheden waaruit een publiek zou kunnen kiezen als het daarvoor de tijd had.

^a Kuenen (2005) Microbiologie is mijn hobby (Delft) TU-Delft, Faculteit Technische Natuurwetenschappen, afscheidsrede.

^b Caulil (2006) Anammox the cleaning creature that could not exist (Delft) Outlook1

Mogelijke varianten om materialen over locaties te verdelen

Als men bijvoorbeeld het bouwkundige ontwerp verdeelt in locaties waar men ruimte of materiaal kan plaatsen, dan hangt het aantal varianten dat men zou kunnen bedenken in de eerste plaats af van het aantal materialen (m) dat men ter beschikking heeft en het aantal locaties (l) dat men wil onderscheiden volgens de eenvoudige formule m^l .

Bij een groot aantal materialen en vooral locaties leidt dat tot heel veel denkbare varianten.

Meer categorieën verdelen over locaties

Materiaal (m) is echter maar één van de categorieën ($c \supset m$) die men kan bedenken en lokaliseren. Dat wordt op een andere schaal (in de stedenbouwkunde) goed duidelijk. Het gaat dan niet alleen om materialen, maar om tal van categorieën (c) op afzonderlijke kaarten (lagen) getekend. Er zijn categorieën van vorm (bijvoorbeeld bouwhoogte), structuur (bijvoorbeeld materiaal en zijn werking) of functie (gebruik) die gecombineerd het aantal alternatieven nog eens verveelvoudigen tot c^l .

Een combinatorische explosie van varianten

Het aantal combinerende legenda-eenheden van een stedenbouwkundig plan varieert van minimaal 2 (bijvoorbeeld bebouwd en onbebouwd, zie Fig. 8) tot ca. 80. Het aantal locaties waarover zij kunnen worden verdeeld is zeer groot, bijvoorbeeld 10 000 vierkante meters (een hectare) die theoretisch allemaal een verschillende bestemming zouden kunnen krijgen. Zo'n aantal varianten (80^{10000}) kan ik hier niet eens afbeelden of uitschrijven (zie Fig. 9 voor een bescheiden begin).

Zo'n aantal varianten afwegen gaat ons voorstellingsvermogen teboven, al kunnen we dat aantal zelf wel in de formule voor een voorstelbare bewerking (vermenigvuldig 80 tienduizend keer met zichzelf) samenvatten. Hoe kunnen we echter uit zo'n groot aantal varianten doelgericht selecteren?

De natuur doet dat door miljoenen jaren trial and error.

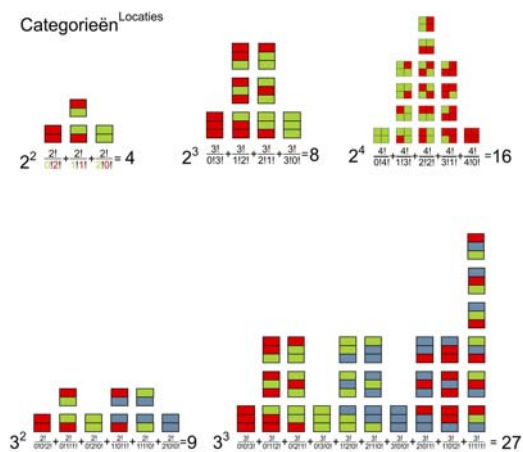


Fig. 8 Mogelijke varianten als werking van 2 of 3 categorieën (bijvoorbeeld bebouwd, groen en water) op 2, 3 of 4 locaties

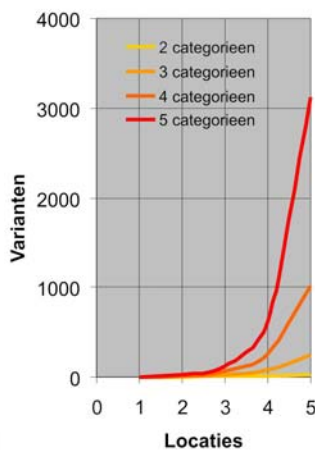


Fig. 9 Combinatorische explosie van mogelijkheden tot 5 categorieën en locaties

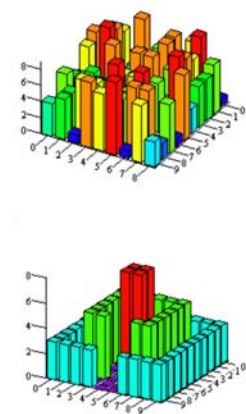


Fig. 10 Twee van 8^{100} varianten: 'Wild wonen' en 'Sovjet complex'

Selectie van varianten

Nu zijn de meeste varianten (bijvoorbeeld een willekeurige hoop bakstenen) duidelijk onbruikbaar. Maar ook na aftrek van die onbruikbare varianten blijven er nog heel veel bruikbare varianten over waartussen een afgewogen keuze jaren zou kunnen duren.

Voordat het publiek mag selecteren, maakt de ontwerper dus al bewust en onbewust een selectie op grond van haar of zijn ervaring: het repertoire en portfolio waarop de zij of hij zelf is geselecteerd. Die ervaring bestaat uit voorbeelden en onuitgesproken veronderstellingen die haar of hem in de opleiding met haar noodzakelijke selecties zijn meegegeven.

Voor ik inga op mijn twijfel aan die gangbare veronderstellingen en de noodzaak van mutaties, maak ik eerst nog enkele opmerkingen over een verschil van categorisering in ontwerp en wetenschap.

Onvergelijkbare categorieën in het ontwerp

Het bouwkundige ontwerp moet namelijk ook wetenschappelijk ónvergelijkbare categorieën combineren zoals 'bruikbaar', 'bestendig' en 'mooi', zoals het oudst bekende bouwkundige geschrift van vóór onze jaartelling, dat van Vitruvius, al stelde. Iets kan niet 'bruikbaar' dan 'bestendig' zijn,

'bestendiger dan mooi' of 'mooier dan bruikbaar'. Het zijn wetenschappelijk onvergelykbare categorieën die men niet met meten en rekenen kan afwegen. Zulke vergelijkingen zijn meer het terrein van de poëzie. Poiësis is trouwens Oudgrieks voor 'maakwerk', een mooi woord voor 'ontwerp'.

Combinaties van genetisch materiaal

Als men een paard en een ezel kruist, krijgt men een muildier dat zich niet kan voortplanten. Het genetische materiaal is niet vruchtbaar, niet bestendig op langere termijn dan een enkele levensloop. Het vormt het eindpunt van een korte evolutielijn. Een muildier is echter bruikbaarder dan bestendig en op korte termijn bestendiger dan mooi. Het is meestal een menselijk product, gebruik makend van genetisch materiaal en doelgerichte combinatie. Het is echter nog geen ontwerp, al is het een combinatorisch unicum dat niet tot grote waarschijnlijkheid gegeneraliseerd kan worden.

Combinaties van onvergelykbare categorieën

De ontwerpdiscipline combineert meer categorieën die wetenschappelijk onvergelykbaar zijn en dus niet met metingen of berekeningen te relateren om tot een optimum te komen. 'Blauwe huizen' is een categorie, 'vierkante huizen' ook, maar een huis kan niet blauwer dan vierkant zijn, laat staan blauwvierkanter dan rood rond. Blauwe, vierkante huizen noemen we in de Bouwkunde dan ook niet een categorie, maar een type, een combinatie van onvergelykbare categorieën, bijvoorbeeld kleur en vorm. Typologie is een belangrijk vak in de bouwkunde. Zo is ook een amfitheater een type. Het is een theater en het is half rond. Het is een niet-noodzakelijke combinatie van functie en vorm. Er zijn immers theaters die niet half rond zijn en er zijn halfronde gebouwen die geen theater zijn. Die beide behoren dus niet tot het type 'amfitheater'.

Mutaties

"Creativiteit is het weglaten van tenminste één gangbare veronderstelling" zei een van mijn promovendi. Creativiteit die verder gaat dan slim combineren, vergt dan ook een mutatie in het genetische materiaal van gangbare veronderstellingen. Als een ontwerper bij een theater onmiddellijk aan een amfitheater denkt, hanteert zij of hij een onuitgesproken veronderstelling die de mogelijkheden op voorhand beperkt. We hebben veel van zulke 'vanzelfsprekende' veronderstellingen. En daarvan zijn we ons grotendeels niet bewust. Cultuur is de verzameling gemeenschappelijke veronderstellingen bij communicatie. Zij vormen de context, de tekst die onwillekeurig meegeleverd wordt. Die veronderstellingen worden als vanzelfsprekend aangenomen zodat we niet elk betoog vanaf de axioma's hoeven op te bouwen. Echt nieuwe ontwerpen vergen een mutatie in juist die veronderstellingen. We worden daardoor 'op een ander been gezet' zodat een veld van nieuwe mogelijkheden ontstaat. Dat de meeste daarvan door milieuselectie zullen verdwijnen, moeten we voor lief nemen.

3 VOORBEELDEN VAN ONTWERPPROCESSEN

Bouwkundige ontwerpprocessen worden door hun contextgevoelige eenmaligheid niet vaak goed gedocumenteerd, maar ik heb enkele voorbeelden uit een boek dat ik in 2002 heb gepubliceerd.^a Alle voorbeelden gaan uit van genetisch materiaal, combineren dat tot een gedachtegang die meer dan eens doodloopt en tot wijziging van veronderstellingen dwingt, terwijl het hele proces onder de selectiedruk staat van een bestuurlijk, cultureel, economisch en fysiek milieu.

Het programma van eisen voorop

Het eerste voorbeeld is een ontwerp van Carel Weeber voor het stadhuis van Berkel en Rodenrijs. Dat ontwerp is nooit uitgevoerd, maar het proces is exemplarisch voor een ontwerp dat primair uitgaat van het door de opdrachtgever gegeven programma van eisen als genetisch materiaal. De opdrachtgever laat het programma van eisen veelal opstellen door een organisatiebureau en daarin ligt de ervaring van eerdere voorbeelden opgeslagen. Weeber beweert dat hij dat programma bij elke opdracht uit het hoofd leert.

^a Jong, T.M. de and Voordt, D.J.M. van der, Eds. (2002) *Ways to study and research urban, architectural and technical design*. (Delft) DUP Science

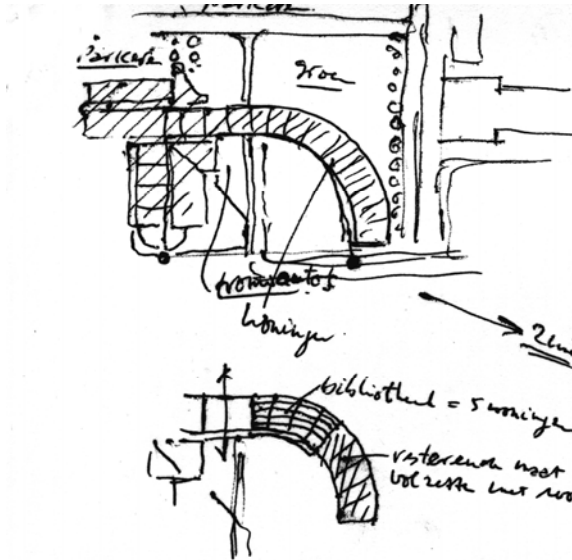


Fig. 15 Mutatie

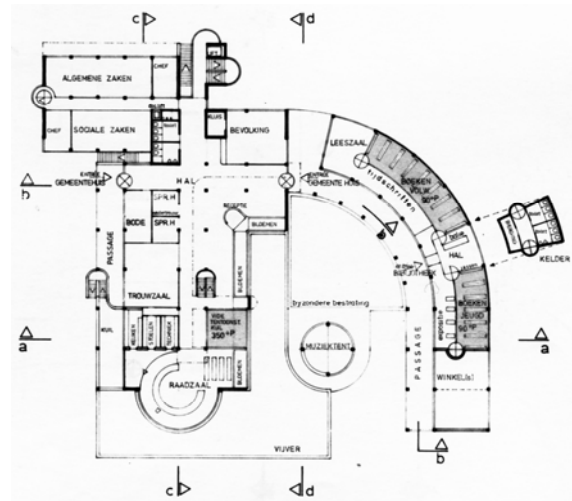


Fig. 16 Fit!

Hiermee wordt het genetische materiaal gewijzigd zodat een oplossing ontstaat die de ontvankelijkheid van de locatie benut.

De mogelijkheden van de locatie voorop

Het museum Naturalis is ontworpen door Fons Verheijen. Zijn aanpak is in principe gelijk aan die van Weeber: milieu, programma, combinaties, mutaties, ontwerp. Alleen, de belangrijkste mutatie was hier het milieu. Het wetenschappelijke deel met collecties zou eerst door uitbreiding van oude panden aan het Van der Werfpark in de binnenstad van Leiden gehuisvest worden. Een afzonderlijke expositieruimte kwam buiten de binnenstad in een geïsoleerd monument (Pesthuis).

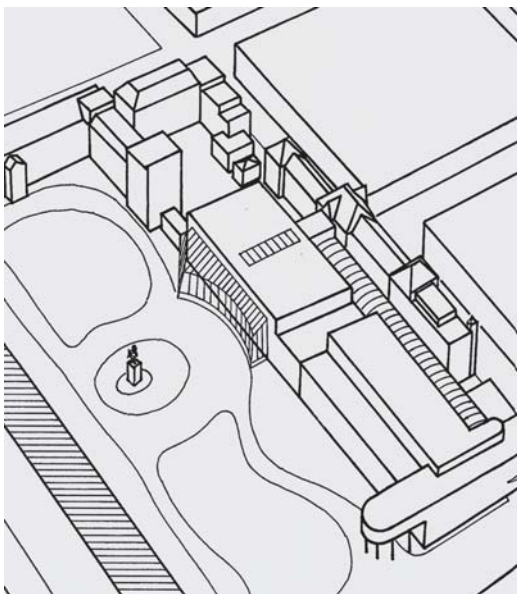


Fig. 17 Ontwerp uitbreiding Van der Werfpark

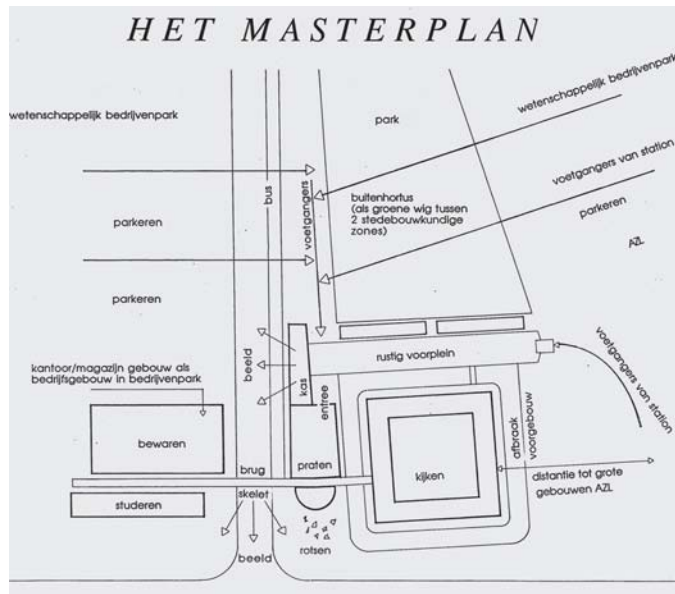


Fig. 18 Nieuwe locatie naast het Pesthuis

De eerste mutatie bestond uit de vondst van een nieuwe locatie naast het pesthuis aan de overkant van een weg. Nu kon ook het programma met nieuwe combinaties en een uitbreiding van de expositie worden gewijzigd.

De permanente expositie verhuisde naar het nieuwe gebouw, terwijl in het Pesthuis onder meer de zaal Nederlandse Natuur, het museumcafé, de garderobe, het atelier, de winkel en het auditorium gesitueerd werden.

Hiermee ontwikkelde zich in nauwe samenspraak met de opdrachtgevers het idee voor het nieuwe gebouw: de collecties in een toren, flexibele exposities bereikbaar via een loopbrug vanuit het pesthuis over de weg door de wetenschappelijke afdeling (zie Fig. 19).

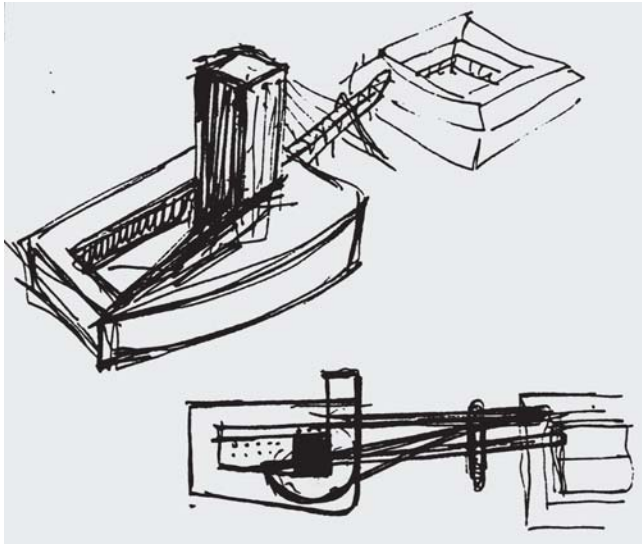


Fig. 19 Samenspraak met de gebruikers

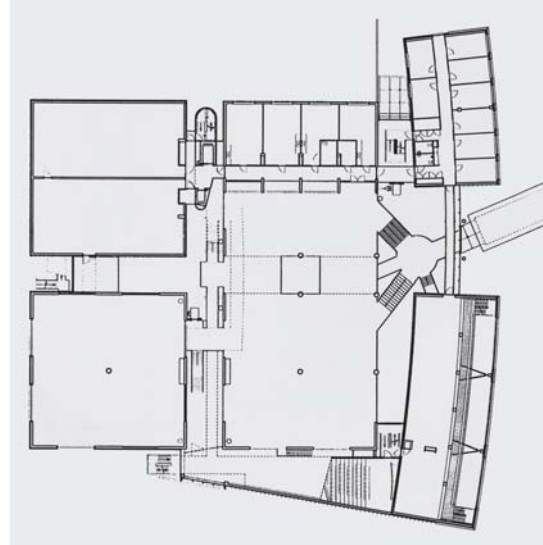


Fig. 20 Definitief ontwerp

Toen kon de opzet betaalbaar vereenvoudigd worden tot het definitieve ontwerp (zie Fig. 20).

De ontwerpmethoden voorop

Van Hertzberger zal ik geen ontwerp in het bijzonder aan de orde stellen, want hij heeft zijn recept voor creativiteit glashelder beschreven in teksten met aansprekende beelden.^a

De eerste ingreep die hij voorstelt is een mutatie in het eigen genetische materiaal: het afbreken van clichés in onze eigen voorstellingen en veronderstellingen (zie Fig. 21) om plaats te maken voor een andere genetische bron. Dat is vergelijkbaar met de Griekse 'catharsis' of 'epochè'.



Fig. 21 Robert Delaunay (1913): vernietig de clichés



Fig. 22 Marcel Duchamps (1917): verander de context



Fig. 23 Pablo Picasso (1942): combineer, laat weg, pas aan

Het plaatsvervangende genetische materiaal vindt Hertzberger vervolgens (in tegenstelling tot Weeber) niet in een programma van eisen, maar in het verzamelen van zoveel mogelijk beelden uit alle delen van de wereld. Zij moeten uit hun omgeving worden losgemaakt en in een andere context geplaatst

^a Hertzberger, H. (2002) *Creating space of thought*. in: *Ways to research and study urban, architectural and technological design*. T. M. d. Jong and D. J. M. v. d. Voordt (Delft) Delft University Press

Hertzberger, H. (2000) *Space and the architect: Lessons in architecture 2* (Rotterdam) 010 Publishers

(zie Fig. 22). Daarmee worden zij op hun beurt van contextuele veronderstellingen ('meegeleverde tekst') ontdaan. Anderen noemen dit 'montage'. Vervolgens kunnen hun adaptieve mogelijkheden ontwerpmatige worden verkend door combineren, weglaten en aanpassen (zie Fig. 23).

Combineren, weglaten, aanpassen

De aanbeveling om eerst de eigen vooringenomenheden op te ruimen en plaats te maken voor een verzameling genetische materiaal die in de rest van de wereld voorhanden is, is eigenlijk een educatief model. Het ontwerpproces zelf bestaat uit combineren, weglaten (mutatie) en aanpassen (beantwoorden aan de selectiedruk van het milieu).

Mijn meest overtuigende beeld van deze drie ontleen ik aan Lefaivre en architectuurhistoricus Tzonis.^a Zij beschrijven het werk van Aldo van Eyck, onze grote architect en een leermeester van Hertzberger. Daarbij geven zij een beeld van twee genetische bronnen (zie Fig. 24 en Fig. 25) die met weglatingen zijn gecombineerd in Van Eyck's beroemde Burgerweeshuis in Amsterdam (zie Fig. 26).

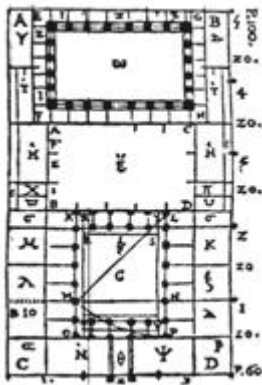


Fig. 24 Het Renaissance schema voor een groot woonhuis



Fig. 25 Piet Mondriaan (1944) *Victory Boogy Woogy*

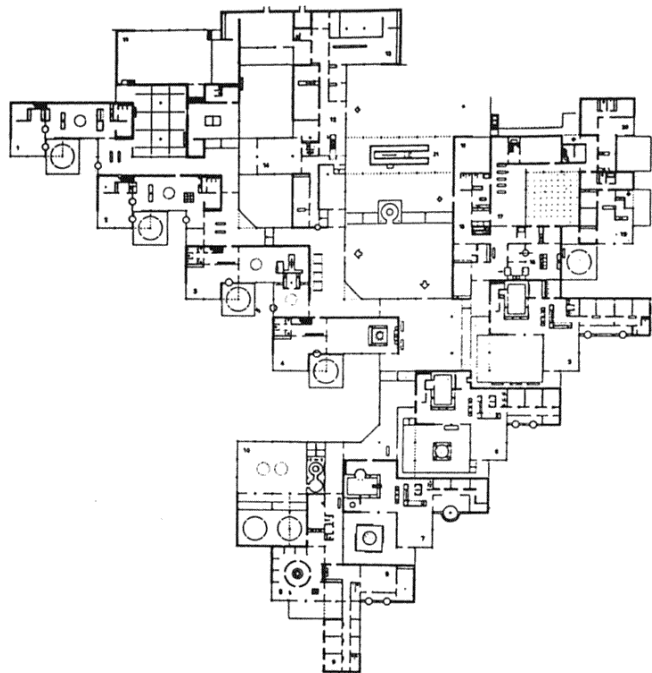


Fig. 26 Aldo van Eyck (1961) *Burger Weeshuis Amsterdam*, volgens Lefaivre en Tzonis een combinatie van Fig. 24 en Fig. 25

Stellingen over de evolutie van een ontwerp

Op grond van deze overwegingen en voorbeelden wil ik de volgende stellingen poneren.

1. Elk ontwerp combineert aangeleerde veronderstellingen en referenties, vergelijkbaar met het genetische materiaal dat in de evolutie van het leven wordt doorgegeven.
2. Die ervaring moet aanhoudend gewantwoord worden omdat het bestuurlijke, culturele, economische, technische, ecologische en ruimtelijke milieu voortdurend en ingrijpend verandert.
3. Die veranderingen gaan sneller dan ooit in de evolutie is voorgekomen.
4. Zij kunnen slechts door creatieve ontwerpen worden bijgehouden.

^a Lefaivre, Liane and Tzonis, Alexander (1999) *Aldo van Eyck, humanist rebel inbetweening in a postwar world* (Rotterdam) 010 Publishers

5. Ontwerpen moeten uit meer bestaan dan uit combinaties van bestaande oplossingen.
6. Elk ontwerpproces kent doodlopende wegen waarop men moet terugkeren om tot dan toe aangehouden veronderstellingen te wijzigen.
7. Zo'n wijziging is vergelijkbaar met een mutatie in het genetische materiaal.
8. Het is nodig onuitgesproken en vertakte veronderstellingen tot op de stam op te helderen om ze zo nodig te kunnen snoeien als zij de selectiedruk van het milieu niet zullen kunnen weerstaan.
9. Die operatie is de grondslag van creativiteit.
10. Het maatschappelijke milieu is niet voldoende toegerust om haar selecterende taak ten opzichte van ontwerpen die de toekomst bepalen te vervullen.
11. Het poneren van stellingen is een voorbeeld van ontwerpactiviteit, het is een noodzakelijke aanvulling op het proefschrift als bewijs van empirische vaardigheid.
12. Een botanische tuin voor technische gewassen aan een Technische Universiteit is onmisbaar om ingenieurs bescheiden te houden in het perspectief van wat de natuur in driemiljard jaar zonder ontwerp heeft mogelijk gemaakt door behoud van genetisch materiaal, eindeloos combineren, muteren en selecteren.