

Architectuur in de Digitale Wereld

(versie nulpunt drie)

inaugurele rede
prof. dr. Daan Rijsenbrij

Architectuur in de Digitale Wereld

(versie nulpunt drie)

Rede (in verkorte vorm) uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van bijzonder hoogleraar 'Informatiesystemen onder architectuur' vanwege de Stichting Nijmeegs Universiteitsfonds aan de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica van de Radboud Universiteit Nijmegen

op vrijdag 1 oktober 2004
door prof. dr. Daan Rijsenbrij

ISBN: 90-9018285-3

© Daan Rijsenbrij, Zeist, 2004

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit digitale document mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een (geautomatiseerd) gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaand schriftelijke toestemming van de copyrighthouder.

*Mijnheer de rector magnificus,
zeer gewaardeerde toehoorders,*

Architectuur in de digitale wereld is een nieuw onderwerp binnen de academische discipline van de informatiekunde. Waarom daarbij een ondertitel ‘versie nulpunt drie’? In de IT-wereld wordt daarmee aangegeven dat het onderhavige geschrift nog niet klaar is en dat geldt zeker voor deze inaugurele rede.

- Nulpunt drie is de bekentenis dat ik er zelf nog niet helemaal uit ben. Het onderwerp architectuur in de digitale wereld is nog sterk in beweging. Dat is ook niet zo verwonderlijk. We zijn pas vijftig jaar bezig met IT, en daarvan ruim tien jaar met iets dat op architectuur begint te lijken. Maar zoals Socrates stelde ‘ik weet dat ik niet weet’, en die houding is het begin van werkelijke verdieping.
- Nulpunt drie omdat deze inaugurele rede een 30 procent aanzet is voor mijn collegedictaat, dat ik op internet zal zetten zodat al mijn collegae kunnen mee corrigeren: het eerste voorzichtige visitekaartje van mijn bedoeling aan de Radboud Universiteit.
- Nulpunt drie omdat dit het eerste architectuurgeschrift is in mijn driejarige aanstelling aan de Radboud Universiteit. En de vlotte rekenaar onder u zal constateren dat drie keer nulpunt drie afgerond één oplevert.

Kortom: ik wil gezien het premature karakter van dit onderwerp aan dit geschrift een uiterste houdbaarheidsdatum toevoegen van 01-09-2006!

Digitale wereld

Achter de fysieke wereld van producten, diensten, productieprocessen, medewerkers en productiemiddelen is een digitale wereld ontstaan. Een wereld waarin een digitaal alternatief bestaat voor veel van deze zaken, maar die tevens ondersteuning biedt voor het geordend functioneren van de processen in de fysieke wereld¹. Een digitale wereld waarin computerchips zorgen voor een razendsnelle verwerking en netwerken voor een wereldwijde verspreiding. Een digitale wereld met eigen wetten over tijd en tijdigheid, plaats en bereikbaarheid, eigendom en duplicatiemogelijkheden. Een digitale wereld met een nieuw economisch model. Reeds acht jaar geleden riep de MIT-goeroe Nicholas Negroponte (Negroponte, 1996) in zijn boek *Being digital* op ons voor te bereiden op die digitale wereld.

Voor het construeren van zaken in de digitale wereld is architectuur nodig (Rijsenbrij et al., 2004b), net zoals architectuur nodig is bij het construeren van zaken in de fysieke wereld van steden, gebouwen en landschappen: wij duiden dit aan met digitale architectuur².

¹ De wereld wordt meer afhankelijk van software dan van olie.

² Digitale architectuur is een verkorte schrijfwijze voor ‘architectuur in de digitale wereld’. Semantisch geeft een bijvoeglijk naamwoord een nadere kwalificatie van het daarop volgend zelfstandig naamwoord, maar dat wordt hier niet zo bedoeld. Dus niet de architectuur is digitaal maar de artefacten waarvoor die architectuur wordt opgesteld. Dit gebruik van het voorvoegsel ‘digitaal’ is gemeengoed geworden. Als de consumentenbond spreekt over de digitale consument dan bedoelt ze de consument in de digitale wereld en niet een softbot die namens ons aan het winkelen is. Een digitale camera is een fysiek apparaat; het voorvoegsel digitaal slaat daar op de verwerkingswijze. Mutatis mutandis geldt hetzelfde voor de digitale architect, dat is een mens van vlees en bloed die bezig is met het concipiëren van digitale architectuur.

De architect Pieter van der Ree (Ree, 2000) stelt dat architectuur gaat over artefacten, mensgemaakte objecten. Het dier leeft direct in de natuur. Wij mensen hebben als het ware een kunstmatige laag tussen ons en de natuur ‘gebouwd’. Architectuur schuift daardoor tussen ons en de directe beleving van de natuur. Je zou ook kunnen stellen dat er een nieuwe werkelijkheid wordt toegevoegd. Als aanvulling daarop stel ik dat de werkelijkheid van steden, gebouwen en landschappen de eerste kunstmatige laag is die tussen ons en de natuur is ingeschoven. Met de entree van IT wordt er een tweede sterk interactieve laag tussen ons en de eerste kunstmatige laag geschoven. Ook deze laag vraagt om architectuur: de digitale architectuur.

Bij het nadenken over vorm en inhoud van digitale architectuur biedt de architectuur van de fysieke wereld een rijke bron van inspiratie. Dit geldt vooral voor de organische³ architectuur, een wat informele stroming binnen de fysieke architectuur waarin het menselijk bewustzijn en haar ontplooiing als uitgangspunt wordt genomen. Een architectuurbenadering met bouwmeesters als Louis Henry Sullivan, Frank Lloyd Wright, Henry van de Velde en Antoni Gaudí.

De digitale wereld is een wereld die nog te veel wordt gedomineerd door technofreaks, techneuten die artefacten creëren waarbij de technologische mogelijkheden belangrijker lijken dan de werkelijke behoefte van mens en onderneming. Overigens krijg ik dat gevoel ook wel eens in de fysieke wereld als ik de werken van Santiago Calatrava aanschouw of het Centre Pompidou van Richard Rogers en Renzo Piano, hoewel dat laatste ontwerp een uit de hand gelopen grap schijnt te zijn. Stelling 3a van Carel Weeber bij zijn afscheidscollege (Weeber, 2003) laat wat dat betreft aan duidelijkheid niets te raden over: ‘de faculteit Bouwkunde moet haar naam veranderen in “Faculty of Building Engineering”, “Architecture” kan terug naar de kunstacademie’!

Terminologische terugblik

Digitale architectuur kan worden beschouwd als de volgende evolutiestap in het denken over architectuur: een nieuw complement⁴ op de fysieke architectuur⁵, de architectuur van steden, gebouwen, landschappen en het interieur. In beide gevallen gaat het om artefacten. Het is wat aanmatigend dat sommige fysieke architecten de term ‘architect’ hebben geannexeerd voor hun eigen vakgebied, dat van de fysieke bouwkunde, te meer daar zij deze term op hun beurt weer ontleend hebben aan de Griekse scheepsbouw. Als zeevarende natie zijn de Grieken met architectuur begonnen op hun schepen, dat kan duidelijk worden gezien aan de vormgeving van hun eerste tempels. Die eerste tempels lijken veel op een schip: een stuurhuis en een voordek. En omdat de schepen toen nog van hout waren, betekende het Griekse ‘archi tekton’: de eerste timmerman. Dat voorvoegsel ‘eerste’ moet trouwens wel worden gezien als degene die de belangrijkste principes vaststelde.

Laten we eens teruggaan naar de echte bron van het woord ‘architect’. Het Griekse woord ‘architekton’ bestaat uit ‘archi’ (eerste-, hoofd-) en ‘tekton’ (timmerman, handwerksman, (scheeps)bouwer, kunstenaar). Het Griekse ‘archo’ komt van de Sanskrita dhatu ‘arh’. Dit betekent in het Nederlands ‘waardig, verdienstelijk’ (Monier-Williams, 1899, p. 93). Het Griekse ‘tekton’ komt van het Sanskrita ‘takshati’. Dit

³ Organisch bedoeld als georiënteerd op het Leven.

⁴ Misschien is het zuiverder om over een supplement te spreken.

⁵ Mutatis mutandis geldt hiervoor hetzelfde als bij voetnoot 2.

betekent in het Nederlands ‘hij vormt, hij construeert’ (Monier-Williams, 1899, p. 431). Takshati is vormen door te snijden, maken en creëren, maar impliceert uiteindelijk ook het vormen in de geest, de mentale wereld. Zo wordt bijvoorbeeld Keizer Augustus algemeen erkend als de architect⁶ achter de westerse wetgeving. Veel filosofische⁷ en religieuze richtingen beschouwen God, in welke benaming dan ook, als de architect achter het heelal. En dat beperkt zich gelukkig niet tot het fysieke deel. De architect is degene die de eerste aanzet geeft bij het concipiëren van vormen in de mentale wereld, dus zeker ook in de digitale wereld. De architect is de eerste vormgever waarna er vele ontwerpers zijn die onder zijn bezielende leiding het ontwerp nader detailleren.

Wat leert deze etymologische beschouwing ons? Het concept ‘architectuur’ blijkt een soort wisselbeker te zijn. Begonnen in de subtiele wereld van het Sanskrita, fysieker gemaakt in het Grieks, naar de digitale wereld van de moderne tijd. Architectuur blijkt nauw verbonden met het vakgebied waarnaar de meest maatschappelijke belangstelling uitgaat. En dat wordt ongetwijfeld de digitale wereld.

Groot probleem in de digitale wereld is dat het architectuurbegrip een stuk ‘abstracter’⁸ is dan in de fysieke wereld. IT is voor veel mensen al redelijk abstract. En in feite is architectuur zelf ook tamelijk abstract, het wordt immers indirect waargenomen. Digitale architectuur is een abstractie over een abstractie. Daardoor hebben veel mensen nog wat moeite om in te zien dat er een nieuw soort architect aan de horizon is verschenen. Maar digitale architectuur is niet meer tegen te houden. Als student in de theoretische natuurkunde droomde ik van de Nobelprijs. Deze droom heb ik nu ingewisseld voor de Pritzkerprijs⁹.

De term ‘architectuur’ wordt in de IT-sector veelvuldig en al jaren lang gebezigd, zowel nationaal als internationaal. Al in de jaren zestig van de vorige eeuw gebruikten Frederick Brooks en Gerrit Blauw (Broy et al., 2001) de aanduiding ‘architectuur’ bij de beschrijving van het operating system OS/360 van IBM en Andy Tanenbaum (Tanenbaum, 1990) gebruikte de term ‘architectuur’ voor de technische infrastructuur. Jacques Theeuwes (Theeuwes, 1987) en Jan Truijens (Truijens et al., 1990) pasten het architectuurconcept eind jaren tachtig toe op het niveau van de informatievoorziening. De uitermate verdienstelijke visionair James Martin gebruikte de term ‘architectuur’ in de jaren negentig vanuit een meer businessachtige beschouwing van de inzet van IT-middelen. In zijn baanbrekende boeken *The Great Transition: using the seven disciplines of enterprise engineering to align people, technology, and strategy* (Martin, 1995) en *Cybercorp: the new business revolution* (Martin, 1996) positioneert hij reeds in 1995 architectuur op enterpriseniveau. In die zelfde tijd gunt onze Nederlandse architectuurgoeroe Jaap van Rees middels zijn boekje *De informatie-architect* (Rees et al., 1995) ons een nuchtere kijk op architectuur met een aantal heldere, bruikbare constructieprincipes.

⁶ Zijn ‘fysieke’ bouwmeester, Vitruvius, had zelf trouwens een veel bredere opvatting over architectuur dan de meeste van zijn huidige soortgenoten.

⁷ De vrijmetselaars hebben dat wel heel aanschouwelijk weergegeven (www.vrijmetselarij.nl).

⁸ De abstractheid van digitale architectuur lijkt veel op de abstractheid van een radiotelescoop. Bij een radiotelescoop biedt een netwerk van 25.000 kleine antennes verspreid over een zeer groot gebied samen met een supercomputer dezelfde functionaliteit als een gigantisch grote klassieke schoteltelescoop, maar ziet er totaal anders uit.

⁹ De Pritzker Architecture Prize is als het ware de Nobelprijs voor fysieke architecten; in 2000 uitgereikt aan onze landgenoot Rem Koolhaas.

Door de Landelijk Architectuur Congressen¹⁰ (www.lac2004.nl), in de organisatie waarvan ik de eerste vijf jaar intensief betrokken ben geweest, heeft digitale architectuur een niet meer weg te denken plaats in Nederland ingenomen. Dit overigens geheel in lijn met wat er in de rest van de wereld is gebeurd.

De definitie

In gesprekken met fysieke architecten is het heel moeilijk hen een bruikbare definitie te ontfutselen van architectuur; een aardige beschouwing is overigens gegeven door Paul Shephard (Shephard, 1999). Velen zien architectuur echter als één van de eerste kunstvormen¹¹ en probeer daar maar eens een definitie van te geven.

In *Compton's Encyclopaedia* vinden we een wat meer fundamentele definitie van het begrip (fysieke) architectuur:

1. By the simplest definition, architecture is the design of buildings, executed by architects. However, it is more. It is the expression of thought in building. It is not simply construction, the piling of stones or the spanning of spaces with steel girders.
2. It is the intelligent creation of forms and spaces that in themselves express an idea.

Dat laatste sluit exact aan bij *The Autobiography of an Idea* van Louis Henry Sullivan (Sullivan, 1924). Het eerste gaat in feite nog een stap verder en neigt in de richting van Christoffer Alexanders 'quality without a name' (Alexander, 1979), wat natuurlijk niets anders is dan de subtiële schoonheid zoals bedoeld door Socrates – iets wat ik reeds aanhaalde in mijn vorige inaugurele rede (Rijsenbrij, 1993b).

Omdat in de digitale wereld in tegenstelling tot de fysieke wereld er meestal geen 'veiligheidsmarges' worden toegepast in applicaties¹², is het veel belangrijker om je exact uit te drukken¹³. Een helder begrip van architectuur is daarom een absolute must. Op de leerstoel die aan mij is toegewezen maak ik mij sterk voor de volgende definitie (Rijsenbrij et al., 2004b): digitale architectuur¹⁴ is 'een coherente, consistente verzameling principes, verbijzonderd naar uitgangspunten, regels, richtlijnen en standaarden¹⁵ die beschrijft hoe een onderneming, de informatievoorziening, de applicaties en de infrastructuur zijn vormgegeven en zich voordoen in het gebruik'. Elk ontwerp van de onderneming dan wel haar ondersteuning met IT-middelen, begint met een verzameling architectuurprincipes, die als het ware de ontwerpruimte inperkt.

¹⁰ Geïnitieerd in 1999 vanuit de Vrije Universiteit en Cap Volmac door Daan Rijsenbrij, Hans de Bruin en Hans van Vliet en vervolgens Nederland-breed uitgegroeid. Er is hierdoor in Nederland een breed veld van uiteenlopende architectuurideeën ontstaan. Ik heb in 2001 getracht daar wat duidelijk in aan te brengen onder de enigszins arrogante titel 'Het ware gezicht van architectuur' (Rijsenbrij, 2001b).

¹¹ Overduidelijk verwoord met de ondertitel van het standaardwerk over de Klassieke architectuur van Alexander Tzonis, Liane Lefaivre, Denis Bilodeau (Tzonis et al., 1989) 'de poëtica van de orde'.

¹² Een foute regel in een programma leidt 100 procent zeker tot een fout resultaat als de processor 'langskomt'.

¹³ In de digitale wereld ontstaat regelmatig spraakverwarring omdat hetzelfde woord voor verschillende begrippen wordt gebruikt. Dat kennen we bijvoorbeeld reeds van 'ontwerp' en 'objectoriëntatie'.

¹⁴ Digitale architectuur is de juiste term, maar wees alert dat deze term door anderen misschien iets anders begrepen wordt.

¹⁵ Het onderscheid ligt in de mate waarin ervan kan worden afgeweken. Regels worden voorgeschreven en moeten worden nageleefd. Richtlijnen zijn een voorschrift, maar zijn in tegenstelling tot de regels niet dwingend. Standaarden betreffen een voorschrift of set van voorschriften waarover overeenstemming bestaat in de IT-sector en die moeten worden opgevolgd.

Architectuur is daarom een hulpmiddel om ontwerpbeslissingen te vereenvoudigen en te uniformeren.

In wetenschappelijke kringen wordt de definitie IEEE 1471-2000 (IEEE, 2000) algemeen aanvaard als uitgangspunt bij alle architectuurbeschoouwingen. IEEE definieert architectuur, van software-intensieve systemen, als ‘the fundamental organization of a system embodied in its components, their relationships to each other, and to the environment, and the principles guiding its design and evolution’. Dit klinkt als een nogal klinische definitie die architectuur degradeert tot een soort metastructuur zonder de essentiële beleving van schoonheid.

Principes

Architectuur, zeker in de digitale wereld, is principegeoriënteerd. Principes zijn richtinggevende uitspraken ten behoeve van essentiële beslissingen, een fundamenteel idee bedoeld om een algemene eis te vervullen. Principes beïnvloeden direct de wijze waarop de IT zal worden ingezet. Foute principes kunnen desastreus zijn bij transformaties, zeker in dit tijdperk van verre gaande outsourcing. En omdat bepaalde situaties vaak voorkomen, is het onverstandig vanuit de principes steeds weer de bijbehorende regels, richtlijnen en standaarden vast te stellen. Voor dergelijke situaties wordt een sjabloon in elkaar gezet dat wordt aangeduid met de term ‘pattern’. Een pattern¹⁶ geeft voor een bepaald probleem in een bepaalde situatie een (her)bruikbare oplossing die meestal op detailpunten nog aanpassing nodig heeft.

Principes zijn nodig op allerlei gebieden vanaf de business tot en met het datacommunicatienetwerk. De vrijheid van het ene principe kan de vrijheid van het andere principe sterk beïnvloeden. Bij een bepaalde keuze van het datacommunicatienetwerk kunnen sommige mogelijke klantcontacten niet worden bewerkstelligd. Daarom dienen de principes onderling consistent te zijn en toekomstvastheid te vertonen.

Veel architectuurprincipes vinden hun oorsprong in de strategie en de beoogde bedrijfscultuur. Ze komen voort uit het eigen missiestatement, de visie en de gekozen concurrentiestrategie, maar ook uit het ecosysteem¹⁷. Goede principes zijn holistisch van karakter en daardoor merkbaar in elk haarvat van de onderneming, ze zijn bedoeld om sturing te geven aan het transformatieproces van de onderneming. Bijvoorbeeld een principe als ‘wij geven de klant een individuele benadering’ werkt door in alle architectuurgebieden: businessprocessen en -skills, informatieverkeer in de onderneming, de applicaties en technische infrastructuur. Een principe als ‘de klant kan 24 uur per dag zaken met ons doen’ is een principe dat nogal wat consequenties heeft voor de presentatie in het digitale contact. De klant heeft toegang via een veelheid van interfaces voor verbinding met de leverancier: mobiele telefoon, pc, palmtop, telefoon, automatic teller-machine en het loket. Ieder systeem moet de juiste boodschappen kunnen uitvoeren of ontvangen in het juiste formaat.

Voor een heldere systematische opsomming van principes is een academisch niveau een absolute vereiste. Een reflectieve instelling is nodig om zodanige principes

¹⁶ Helaas zijn veel zogenaamde patterns in de IT slechts technische, herbruikbare oplossingen en zijn zeker niet wat Christopher Alexander bedoelde met doorleefde oplossingen.

¹⁷ Principes uit het ecosysteem zijn veelal afhankelijk van de interpretatie die een bestuurder aan het ecosysteem geeft.

neer te kunnen zetten opdat we tussen de bomen het bos weer gaan zien. Voor het opstellen van een geïntegreerde verzameling principes dient een veelheid aan factoren mee te worden gewogen, zoals visie, ondernemingsdoelstellingen en -strategie, bestaande structuren, actuele informatievoorziening, sociale, financiële en technische randvoorwaarden, bedrijfscultuur en communicatiepatronen, interne en externe wetten, regels en voorschriften, ontwikkelingen in de omgeving of de markt en concurrentieverhoudingen. Het is dit samenspel van factoren dat uiteindelijk bepaalt hoe taken, activiteiten en processen optimaal door IT kunnen worden gefaciliteerd.

Naast de door de informatica sinds decennia met succes bestudeerde onderwerpen uit de systeemtheorie en de cybernetica zijn daarbij onderwerpen uit de alfa-faculteiten van groot belang. Een goede architect heeft een alfa-inlevingsvermogen en een bèta-denkraam. Het is daarom een verstandig besluit van het bestuur van de faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica dat binnen deze exacte faculteit wordt geprobeerd om een dergelijke nieuwe discipline vorm te geven.

Het drieluik van Vitruvius

Vitruvius, de bouwmeester van Julius Caesar en Augustus, onderscheidde in de eerste eeuw voor Christus in zijn 'architectura' (Vitruvius, vertaling uit 1999) drie aspecten aan architectuur: 'utilitas', 'firmitas' en 'venustas'. Utilitas staat voor de gebruikaspecten: doelmatigheid, nuttigheid en deugdelijkheid. Firmitas staat voor fysieke zaken als: duurzaamheid, vastheid, en sterkte. En venustas staat voor bekoorlijkheid en uiterlijk schoon, dus de beleving. Een moderne verwoording van een dergelijk drieluik is te vinden op de website www.habiforum.nl, daar wordt gesteld dat bij aankoop van een huis er drie aspecten zijn om op te letten: de gebruikswaarde, de belevingswaarde¹⁸ en de toekomstwaarde¹⁹. Hierbij horen respectievelijk de vragen: 'zijn de gebruiksmogelijkheden passend voor de activiteiten van mij en mijn gezin', 'past de sfeer van het huis en de buurt bij mijn leefstijl en geeft die een aangenaam gevoel', 'is het huis aan te passen aan veranderende woonwensen, goedkoop in onderhoud en is het op termijn goed te verkopen'. De waarden van deze drie aspecten vormen tezamen de ruimtelijke kwaliteit van het huis; dezelfde benadering is van toepassing bij het bepalen van de ruimtelijke kwaliteit van een straat, een buurt, een wijk of zelfs een regio.

Architectuur blijkt een mengsel van bouwkunde (de samenhang van de onderliggende componenten), onderwerpen uit de constructieleer (de technische eigenschappen van de onderliggende componenten en de verbindingen daartussen) en de stijl ('look and feel'). Vertaald naar de digitale wereld: de functionaliteiten en hun onderlinge samenhang (de gebruiksmogelijkheden van het artefact); de gebruikte componenten, technologieën en de integratietechnieken²⁰ (voor een degelijke constructie); het uiterlijk gedrag, de beleving door gebruikers (voor de sfeerbepaling, het gebruikspfezier). Nog niet elk artefact in de digitale wereld beantwoordt volledig hieraan.

¹⁸ Beleving brengt je in het 'hier en nu', het internet trekt je naar het 'daar en toen'. Als wij niet oppassen, raken wij zo volkomen los van de werkelijkheid.

¹⁹ Hoewel 'toekomstwaarde' geen synoniem is voor 'firmitas' is het wel een zeer belangrijk aspect, zeker voor digitale artefacten.

²⁰ We onderkennen vier integratiesoorten: community-integratie (connectivity, directories, tacit knowledge), rolintegratie (integratie van services tot een werkruimte middels portal technologie), applicatie-integratie en gegevensintegratie.

Maar dat probleem zien we ook nog steeds in de fysieke wereld na ruim 5.000 jaar, aannemende dat de eerste piramides onder architectuur zijn gebouwd. Bij de beleving staat de gebruiker op de voorgrond²¹, bij de gebruikswaarde de eigenaar en bij de constructie de bouwer of het onderhoudsteam.

Hoewel deze drie aspecten gescheiden worden genoemd, staan ze niet los van elkaar. Keuzes in de één kunnen de vrijheid in de ander beïnvloeden, zij zijn innig met elkaar vervlochten. De juiste afstemming zorgt dat een artefact een ziel krijgt, dat het iets is. Dat laatste, die onderlinge harmonie, is het geheim van de architect.

Het is belangrijk om aan alle drie aspecten voldoende aandacht te besteden. We zien echter dat van oudsher het constructieaspect erg veel aandacht krijgt, het gebruikaspect wordt al wat moeilijker en het belevingsaspect is vaak het stiefkind. Probleem daarbij is dat wij vaak nog nauwelijks kunnen doorgronden wat die gebruiker werkelijk wil. Belangrijk voor het belevingsaspect is het vinden van de ‘menselijke maat’ in de IT, net zoals een binnenhuisarchitect rekening houdt met de ‘menselijke maat’ bij het ontwerpen van een kamer.

Er kunnen dus drie deelverzamelingen van principes worden onderscheiden: principes die te maken hebben met de functionaliteiten en de structurering daarvan (gebruikswaarde), principes die te maken hebben met de constructie en de materiaalkeuze en principes die te maken hebben met de beleving.

- structuur / gebruikswaarde

Bij het aspect ‘structuur’ wordt aangegeven wat de relatie is tussen de verschillende functionaliteiten, een soort functionele decompositie²²: welke functionaliteiten kunnen worden onderkend en hoe werken die met elkaar samen. Voorbeelden van principes voor een bruikbare structuur zijn de scheiding in front-, mid- en backoffice; de verschillende client-server modellen en de scheiding tussen organisatieafhankelijke en organisatieonafhankelijke gegevensstructuren.

Het onderwerp structuur is terug te vinden op vele aggregatieniveaus, voor het totale artefact en vervolgens recursief voor vele van haar onderdelen. Structuur is trouwens geen momentopname. Bij veranderingen moet de essentie achter de samenhang in de structuur kunnen blijven bestaan.

- constructie

Bij het aspect ‘constructie’ spelen de vragen ‘met welke technologieën’ en ‘met welke integratiemechanismen’. Wordt er pakketsoftware gebruikt of wordt er zelf gebouwd, hopelijk met standaard componenten? Wordt er geprogrammeerd in Java en XML of wordt een 4GL ingezet? Wordt er een softwarebus aangelegd of worden andere middleware-oplossingen gebruikt? Wordt er een genetisch algoritme toegepast of een neuraal netwerk? Goede principes voor het constructieaspect zijn belangrijk voor de maakbaarheid van het artefact.

- beleving

²¹ Het motto van Louis Henry Sullivan ‘vorm volgt functie’ geldt ook in de digitale wereld. Een boekhouder ziet immers liever een spreadsheet, terwijl een kleuter icoontjes wil zien.

²² Uitgedrukt in de klassieke factoren ‘coupling’ en ‘binding’.

Dat beleving door de gebruikers een essentieel aspect hoort te zijn van architectuur is een open deur. Het artefact is immers bedoeld voor de gebruikers, niet voor de constructeurs. Daarom bepaalt de beleving in belangrijke mate of het artefact bruikbaar is. De beleving moet de rol ondersteunen die het artefact in zijn omgeving speelt. Maar beleving moet ook passen bij de (bedrijfs)cultuur en werkwijze van de betrokkenen.

Veel fysieke architecten, Gaudí in het bijzonder, hebben geworsteld om de sleurbevorderende middelmatigheid te overwinnen. Gaudí had de moed om een frisse belevingsruimte te scheppen in het grijze, grauwe Barcelona van het begin van de vorige eeuw. Ook in onze tijd zie je een dergelijke revolutie tegen de gezapigheid. Nederlands meest roemruchte architect, Carel Weeber, doet een oproep voor het wilde wonen (Weeber, 1998), een opstand tegen de ‘versteende tentenkampen’ die middels Vinex werden gepland en die de mens elke vorm van leefgenot ontnemen. De werkelijke roeping van een fysieke architect bestaat uit het ontwerpen van steden, gebouwen en landschappen die de creatieve vermogens van mensen aanspreken in een wereld die steeds mechanischer dreigt te worden.

Ook in de digitale wereld komt er steeds meer behoefte aan een architectuur die niet alleen functioneel is, maar die appelleert aan de beleving²³. Een architectuur die maximaal verleidt tot optimale betrokkenheid. De realiteit in het hedendaagse IT-gebruik is daar nog ver vandaan. In feite is de gemiddelde applicatie zo saai, zo sleurbevorderend, zo gebruiksonvriendelijk als de onderliggende chips.

Vertaald naar de wereld van IT is beleving de ‘look and feel’ van het artefact voor de gebruikers. De belangrijkste elementen die de beleving beïnvloeden zijn: de user-interface, de navigatiepaden, de interactieprotocollen en de personalisatiemogelijkheden. De user-interface kan opgeleukt worden met allerlei iconen en andere vormen van visualisaties. Bovenal biedt hypertext-technologie²⁴ de mogelijkheid om meerdere niveaus aan te brengen in die user-interface. Navigatiepaden en de daarbij behorende bewegwijzering om in de doolhof van gelinkte websites en de ter beschikking gestelde applicatiefuncties de weg te kunnen vinden, dient zodanig te zijn dat er nauwelijks behoefte is aan gebruikshandleidingen, helpschermen of andere tekstuele uitlegvormen. Met interactieprotocollen wordt bedoeld hoe gebruiker en systeem met elkaar omgaan en ‘wat zij voor elkaar kunnen betekenen’. Personalisatie betreft de aanpassingsmogelijkheden om iets eigens te geven aan de interface. Een gebruiksiinterface speciaal voor jou, afgestemd op jouw smaak, jouw behoefte en jouw niveau. Ook het informatieaanbod wordt steeds meer toegesneden op jouw specifieke behoeftes.

Beschouwingsniveaus

Om de architectuuruitdaging in de fysieke wereld enigszins overzichtelijk te maken, wordt het probleem opgedeeld over een aantal detailleringsniveaus. Meestal onderscheiden we stedenbouwkundige architectuur (urbanistiek), de architectuur van het omringende landschap en de verbindende infrastructuur, de architectuur van speciale stadswijken en vervolgens de architectuur van de individuele gebouwen. En ten slotte

²³ John Keats ‘A thing of beauty is a joy for ever’.

²⁴ Hypertext is de bevrijding van het lineaire denken, jammer dat wij daar nog zo weinig gebruik van maken.

onderscheiden we nog de architectuur van de inrichting van ruimtes (binnenhuisarchitectuur) en het bijbehorende design van meubelen en apparatuur.

Deze indeling is ook in de digitale wereld volledig bruikbaar. Ook in de beschrijving van een onderneming waar IT een belangrijke ondersteunende rol speelt, onderscheiden wij, om de complexiteit te reduceren, vaak vier niveaus: het ondernemingsniveau, het domeinniveau, het niveau van de informatiesystemen en de digitale werkruimte.

- *enterprise architectuur*

Op ondernemingsniveau maken we een high-level ontwerp van de onderneming in zijn geheel. Het doel is een eerste indeling in domeinen bestaande uit bedrijfsprocessen, de applicaties en de onderliggende technische infrastructuur. Het is verstandig een onderneming te zien als een intern ecosysteem, waarbij de domeinen diensten leveren aan elkaar en aan (externe) klanten. Een dergelijke organisatorische ontvlechting vergroot de bestuurbaarheid van de onderneming en vereenvoudigt eventuele outsourcing.

Er kunnen meerdere niveaus van enterprise architectuur zijn. Zo zien we bij een universitaire instelling een enterprise architectuur op universiteitsniveau, een enterprise architectuur op faculteitsniveau en vervolgens een enterprise architectuur op subfaculteitsniveau.

- *domeinarchitectuur*

Domeinarchitectuur valt te vergelijken met het bestemmingsplan van een stadswijk. In één oogopslag moet duidelijk zijn welke principes gelden, welke bedrijfsprocessen er lopen, hoe de business zich ontwikkelt, hoe technologie is geïntegreerd en hoe klanten hierop zijn aangesloten. Op domeinniveau wordt het ontwerp een stap verder geschetst tot de individuele informatiesystemen.

Het leeuwendeel van de transformaties in een onderneming speelt zich af binnen een domein. Daarom worden op dit niveau representaties van tussenliggende architecturen gemaakt ('islands of stability') waar, de business- en informatiesystemen gedurende de transformatie doorheen migreren. De winkel moet immers open blijven tijdens de verbouwing.

- *informatiesysteem niveau*

Op het laagste niveau wordt de architectuur van de individuele informatiesystemen opgesteld. De architectuur op dit niveau bevat alle principes, regels, richtlijnen en standaarden die nodig zijn om te beslissen over de realisatie van die informatiesystemen. De architectuur op dit niveau is een verbijzondering van de architectuur van het onderhavige domein. Overigens is het uit uniformiteitsoverwegingen verstandig op enterprise niveau een typologie op te stellen van de applicaties met elk hun eigen architectuurkarakteristieken.

- *digitale werkruimte*

In de fysieke wereld wordt als binnenste architectuurniveau onderkend 'de inrichting van het gebouw'. De bemoeienis gaat zoals prof. Bakema al zei: 'van Stoel tot Stad'²⁵. Ook

²⁵ Architecten als Gerrit Rietveld zijn begonnen met het ontwerpen van stoelen.

de digitale wereld heeft een dergelijk niveau: de digitale werkruimte²⁶. Een moderne digitale werkruimte biedt echter veel meer mogelijkheden. Ze kan immers tegelijkertijd toegang verstrekken tot een zeer grote verscheidenheid aan domeinen, en daarbij volledig op maat worden gesneden. Ik zie een binnenhuisarchitect nog geen keuken ontwerpen die tegelijkertijd toegang biedt tot een kruidenierszaak, een afhaalchinees en de wijnwinkel. Dit toegang hebben tot een aantal domeinen tegelijkertijd is een enorme bevrijding. Ik vraag immers niet meer aan een gebruiker wat zijn (informatie)behoefte is, nee, als architect creëer ik een digitale ruimte waarin iemand zijn eigen behoefte kan vervullen. Een ruimte gevormd door de digitale mogelijkheden, toegesneden op de rol van de betreffende gebruiker. Hierdoor wordt overgestapt van een technologische optiek naar een gebruikersoptiek. Een digitale werkruimte moet eenvoudig op andere locaties benaderbaar zijn. Waar ik mij fysiek ook bevind, thuis, onderweg of bij een klant, ik kan overal in mijn eigen digitale werkomgeving verblijven.

- *ecosysteem*

De werkelijke waarde van een onderneming wordt steeds meer bepaald door haar rol en plaats binnen het ecosysteem. Alles draait om de mogelijkheden die zij heeft om met partners, leveranciers en klanten samen te werken: kortom haar positie in de 'connected world'. Om te beoordelen of dit mogelijk en haalbaar is, zullen ondernemingen steeds meer gebruik maken van extended enterprise architectuur (ecosysteemarchitectuur²⁷). Een architectuurbeschouwing die zich voortzet tot ver buiten de muren van de traditionele onderneming. Tevens zien wij dat moderne architectuurbeschouwingen op enterprise-niveau van buiten naar binnen worden opgesteld, buiten zijn immers steeds meer interessante service providers te vinden.

Vier werelden

Het terrein van de digitale architectuur omvat vier werelden:

1. het bedrijfsgebeuren, afgekort tot de B-wereld,
2. het informatieverkeer, afgekort tot de I-wereld,
3. de applicaties, afgekort tot de A-wereld en
4. de technische infrastructuur, afgekort tot de T-wereld.

Deze opsomming kan ook gezien worden als vier achtereenvolgende lagen. Het startpunt voor architectuurbeschouwingen ligt altijd in het bedrijfsgebeuren, vervolgens worden daarop doorbordurend de architectuurbeschouwingen in de volgende lagen opgesteld. Tegelijkertijd kunnen de faciliteiten uit de lagere lagen mogelijkheden bieden voor de daarop functionerende lagen.

- *bedrijfsgebeuren: de B-wereld*

In de bovenste laag, getiteld 'bedrijfsgebeuren', speelt zich de 'echte' wereld af. Dat is de wereld van het zaken doen, regelen, college geven, onderzoek verrichten et cetera. Er wordt gekeken naar de producten en diensten die de onderneming levert, de

²⁶ Werkruimte in plaats van werkplek omdat het een functioneel concept is en niet fysiek.

²⁷ Naast standaarden ten behoeve van organisatorische interoperabiliteit (procesniveau) en technische interoperabiliteit (de technische interfaces) speelt semantische interoperabiliteit (gegevensniveau) een cruciale rol. Voor een waardegenererend ecosysteem is veel overleg nodig tussen de stakeholders over standaarden.

bedrijfsprocessen die nodig zijn om die producten en diensten te produceren en de organisatie en besturing van mensen en bedrijfsmiddelen die daarbij nodig zijn. Een bruikbare eerste benadering voor een beschrijving kan worden gevonden in de poging van Douglas McDavid (McDavid, 1999) en enkele gedachten van Robert Prins (Prins, 1996). Voor een architectuurbeschouwing in dit gebied wordt verwezen naar Han van der Zee, Paul Laagland en Bas Hafkenscheid (Zee et al., 2000) en Daan Rijsenbrij, Jaap Schekkerman, Harry Hendrickx (Rijsenbrij et al., 2004b). In deze laag wordt ook gesproken over procesarchitectuur²⁸. Het ontwerpen van een goed proces is een hele kunst, toch hoort dit eigenlijk tot de ontwerpdiscipline en alleen dat gedeelte dat de principes, regels, richtlijnen en standaarden betreft waarbinnen dat ontwerp dient te blijven, hoort tot de business architectuur.

Sommigen stellen de vraag ‘waarom een digitale architect zich met deze wereld zou moeten bezig houden, dit is toch het terrein van de business mensen?’. In de begintijd van SDM²⁹ werd gesteld dat je eerst moest reorganiseren alvorens je kon gaan automatiseren. Anders ben je immers bezig de wanorde te automatiseren. Dat motto wordt nu mutatis mutandis overgezet naar architectuur: maak eerst een architectuurbeschouwing van de business alvorens je daar lagere architectuurbeschouwingen op voortbouwt.

- informatieverkeer: de I-wereld

Het soepel en tijdig informeren is wezenlijk voor het functioneren van een onderneming. Juiste informatiestromen zorgen dat de onderneming vitaal en slagvaardig kan zijn. In de ‘connected economy’ is de vraag bovendien ‘hoe zorg ik dat mijn relaties zodanig mee ontwikkelen dat een win-win situatie valt te exploiteren?’. Hoe krijgen we de juiste informatie, zowel financieel als niet-financieel, om beslissingen te nemen? Hoe regelen we een informatie-aggregatiemechanisme met dashboards en KPI’s³⁰ om ons te voorzien van de informatie waar we behoefte aan hebben, niet minder doch beslist ook niet meer? Hoe informeren we de medewerker opdat hij zijn werk op adequate wijze kan uitvoeren? Gewenst gedrag wordt immers voor een groot gedeelte beïnvloed door juiste informatie.

In de I-wereld bevinden zich de informatiestromen, de documentstromen, de informatiebehoefte, de informatiebronnen en de informatie-uitwisseling met de buitenwereld. Ook het hele terrein van kennismanagement en contentmanagement behoort tot deze architectuur. De informatiearchitectuur³¹, de architectuur van het informatieverkeer, geeft inzicht in de structuur en relaties van de informatie- en communicatiehuishouding³², onafhankelijk van de automatiseringsgraad. Het ontwerp van de I-wereld biedt een systematische weerslag van de zaken waarover de business communiceert. Dit betekent dat de informatiearchitectuur nauw verweven is met de

²⁸ Zie bijvoorbeeld het pionierswerk van Stef Joosten (Joosten, 2002).

²⁹ SDM staat voor system development methodology, een van de grote faseringsmodellen uit de begintijd van de automatisering.

³⁰ Key Performance Indicators.

³¹ De informatiearchitectuur rust op de gegevensarchitectuur als inrichtingsonafhankelijke entiteit, zij biedt de ruimte voor de dynamiek in de bedrijfsvoering.

³² Veel boeken en artikelen met ‘informatiearchitectuur’ in de titel zoals Melissa Cook (Cook, 1996) en Wim van der Sanden en Bart Sturm (Sanden et al., 1997) gaan eigenlijk over iets wat met de term ‘data-architectuur’ wordt aangeduid. Dit is een onderdeel van de applicatiearchitectuur en hoort beslist niet thuis in de I-wereld.

businessarchitectuur; aan de andere kant dient voldoende ruimte te zijn voor de organisatorische verbijzondering.

Het is belangrijk om zich te realiseren dat dit het gedeelte van de digitale wereld is waardoor mensen worden verbonden. Een onderneming kan in essentie worden gezien als een verzameling van communities. De architectuur in deze laag zorgt dat die communities worden gefaciliteerd zich optimaal te ontplooiën.

Tot de informatiearchitectuur behoort ook de architectuur van de artefacten die op het world wide web zijn gebouwd, zie Louis Rosenfeld & Peter Morville (Rosenfeld et al., 1998). Zeer interessant hierbij zijn de architectuuroverwegingen over de navigatiepaden en de belevingsaspecten die daarbij een rol spelen.

- applicatielandschap: de A-wereld

De architectuur van de applicaties en hun onderlinge verband, het applicatielandschap, is het onderwerp van de A-wereld. In deze laag houdt de architect zich bezig met de applicatieportfolio, integratiemechanismen³³, de architectuurkarakteristieken in de applicatietypologie en wat men doorgaans noemt de software-architectuur³⁴. Naast de applicaties horen in deze laag ook de geautomatiseerde gegevensverzamelingen.

De applicatie-architectuur vormt als het ware de ‘brug’ tussen het bedrijfsgebeuren (de bedrijfsobjecten, de bedrijfsprocessen en de bedrijfsorganisatie) en de technische infrastructuur (connectivity, storage en servers).

- technische infrastructuur: de T-wereld

De technische infrastructuur vormt de ‘fundering’ waarop de applicaties draaien. Deze fundering bestaat uit netwerken, communicatieverbindingen, hardware, systeemsoftware en gemeenschappelijke software-basisvoorzieningen zoals tekstverwerking en e-mail & messaging.

Het kost meestal vrij veel inspanning om de technische infrastructuur grootscheeps te veranderen. Daarom is het erg belangrijk te letten op de ‘toekomstvastheid’ van de infrastructuur en waar mogelijk adaptiviteit in te bouwen. De moeilijkheid van het veranderen van de infrastructuur is gelegen in het feit dat alle zaken op die infrastructuur zijn voortgebouwd. Dat probleem zien we in de fysieke wereld ook. In een stad als New York is het eenvoudiger om een wolkenkrabber te vervangen dan om het stratenplan (dus de infrastructuur) aan te pakken.

De infrastructuur is meestal voor de gehele onderneming hetzelfde. In ieder geval dient de infrastructuur van de onderneming aan te sluiten op de infrastructuur van het ecosysteem waarin de onderneming opereert. Gebruik daarom voor de infrastructuur alleen algemeen erkende standaarden en erkende standaardcomponenten.

- extra aandachtspunten

³³ Bij applicatie-integratie zijn er drie mechanismen: integratie door directe aanroep, integratie via de database en integratie via een dictionary. Dat laatste wordt steeds meer ondersteund door de toepassing van XML.

³⁴ Veel software-architectuur bestaat in feite uit software engineerings best practices. De rest zou ik willen hernoemen tot applicatiearchitectuur, software is immers slechts het bouw materiaal voor applicaties. Overigens kan er veel worden geleerd van bepaalde delen van die software architectuur, dit geldt in het bijzonder van Mary Shaw (Shaw et al., 1996) en Rick Kazman (Bass et al., 1998).

Voor een gezonde onderneming verdienen alle vier bovenstaande architectuurwerelden de volle aandacht; een goed ontwerp van hun onderlinge relaties is uitermate belangrijk. Belangrijke uitdaging van de architect is te zorgen dat de business maximaal gebruik maakt van de katalyserende mogelijkheden van informatie, kennis en IT (applicaties en infrastructuur).

In het ondernemingsgebeuren en de informatievoorziening zijn mensen betrokken en daarmee sociale organisaties, zij hebben daardoor een dynamisch en adaptief karakter. De applicaties en de infrastructuren die deze sociale organisaties ondersteunen, zullen in hoge mate ditzelfde dynamische en adaptieve karakter dienen te vertonen.

Er zijn echter nog twee belangrijke gezichtspunten van waaruit het totaal van bovenstaande vier werelden wordt beschouwd, namelijk vanuit de beveiliging en vanuit de governance. Beiden vormen een vast onderdeel van een geïntegreerde architectuurbenadering en beslaan alle vier werelden in samenhang.

De beveiligingsarchitectuur³⁵ beschrijft de manier waarop beveiliging wordt vormgegeven en beschouwt de beveiligingmaatregelen van gebruiker tot dienst, een end-to-end benadering. Elke wereld heeft zijn eigen beveiligingsprincipes, die soms op gespannen voet staan met de principes uit die wereld zelf. Tussen de toegankelijkheid van een applicatie en de gegevensbeveiliging dient een balans te worden gevonden die past bij de onderhavige applicatie. E-business applicaties brengen bepaalde beveiligingsproblemen mee, maar het volledig 'dichttimmeren' impliceert tevens dat er ook geen klanten bij kunnen en dat was niet bedoeling van e-business. De beveiligingsprincipes in de verschillende lagen dienen ook op elkaar te zijn afgestemd. Kortom beveiliging³⁶ vereist een holistische benadering die het hele gebied van business, informatieverkeer, applicaties en infrastructuur consistent en coherent omvat.

De instandhouding van een geïntegreerde architectuur vereist een geïntegreerde governance³⁷. Een architectuur is vaak uitermate complex, een complexiteit die wordt opgelost door het geheel in kleinere, meer overzichtelijke stukjes te ontleden. Voor architectuur komt daar als extra conditie bij dat tijdens het ontrafelen de samenhang niet uit het oog mag worden verloren. Dit wordt ook wel aangeduid met de term 'holistisch'. De governance van de architectuur definieert de organisatie van mensen, beslissingsstructuren en hulpmiddelen, die nodig is om de architectuur van de vier werelden, inclusief de beveiliging, in onderlinge afstemming te beheren.

Architectuur behoort te passen bij wat mensen in een onderneming doen³⁸. Bekende fysieke architecten als Gerrit Rietveld en Frank Lloyd Wright gingen voor het

³⁵ Hoewel ik wel een voorstander ben van een expliciete beveiligingsarchitectuur, geloof ik niet in beveiligingsarchitecten. Architectuur is een holistische aangelegenheid en we moeten oppassen allerlei aspect-architecten te introduceren. Het is de verantwoordelijkheid van de architect, geadviseerd door beveiligingsspecialisten, om een beveiligingsarchitectuur op te stellen die consistent is met andere architectuureisen.

³⁶ Hierbij dienen ook de 'privacy' principes in beschouwing te worden meegenomen.

³⁷ Door de grote financiële schandalen van de afgelopen tijd zien we een begrip als 'transparantie' opkomen. Dit overstijgt als het ware het 'passievere' governance omdat het ook als concurrentiemiddel kan worden ingezet.

³⁸ De wijze waarop mensen gewoon zijn om samen te werken, soms verwoord als bedrijfscultuur, is een belangrijke randvoorwaarde voor een bruikbare architectuur. Als de architectuur een te grote discrepantie vertoont met de bestaande bedrijfscultuur zal het heel moeilijk worden om de medewerkers naar de nieuwe architectuur te migreren. Aan de andere kant dient te worden gewaakt dat architectuur niet bestaande ineffektieve, inefficiënte patronen bekrachtigt.

ontwerp van luxe woningen eerst bij hun opdrachtgever een week of twee logeren om te kijken hoe die mensen leefden en kwamen daarna pas met een eerste schets. Dat zijn wij in de IT nog niet gewend. Bij het inhuren van een externe architect vinden opdrachtgevers dat zonde van het geld; er hoeft niet te worden geobserveerd, er moeten meters worden gemaakt. Maar goede architectuur kost gewoon geld, dat geldt ook voor digitale architectuur. Probeer dus om het wezen van de bouwopdracht te doorgronden en inventariseer de te verwachten eisen voor de voorzienbare toekomst. Concipieer pas daarna de architectuur als afgeleide van de werkelijke vraag. Dit geldt zowel voor de fysieke als voor de digitale architectuur. Voor digitale architectuur komt als extra daarbij dat er voldoende aandacht dient te worden geschonken aan bestuurlijke en sociologische vraagstukken. Digitale architectuur is namelijk bedoeld voor mensen.

De intelligente organisatie en het personal web

Het zwaartepunt van de digitale architectuur ligt in de I-wereld. In die I-wereld zijn er, naast het eigenaarschap van de informatie, twee belangrijke concepten: de ‘intelligente’ organisatie en het personal web.

Onder een ‘intelligente’ organisatie verstaan we een onderneming die volledig is toegerust om snel en adequaat te reageren op signalen. Data- en kennisaggregatie is essentieel om de drie besturingsbronnen ‘informatie van buiten’, ‘informatie van binnen’ en de ‘aanwezige kennis’ (best practices) op elkaar af te stemmen. Het woord ‘intelligent’ dient hier te worden gezien als een vertaling van het Angelsaksische ‘intelligence’. Zoiets als ‘spionerend’. Niet alleen de eigen organisatie, maar ook de leverancier en de klant worden intelligenter. Zij reageren sneller op het gedrag van ondernemingen. Hier ligt nog een groot academisch onderzoeksterrein: de kenmerken van een architectuur voor een ‘intelligente’ organisatie.

Het personal web is de cluster van informatie, kennis en digitale services die iemand als persoonlijke bagage nodig heeft om te kunnen functioneren als wereldburger. In feite wordt het personal web de opvolger van de personal computer. Dit personal web hoort wereldwijd overal benaderbaar te zijn. Mensen zijn immers niet bedoeld als lastdieren om technologie te sjouwen³⁹, de benodigde informatie moet de mens in conceptuele⁴⁰ zin volgen waar hij ook is.

De inhoud van het personal web zal nog nader dienen te worden verkend, maar wordt een cruciaal middel voor de ‘web liberated human’. Ook op dit terrein is veel academisch onderzoek vereist.

Vershil tussen digitale architectuur en fysieke architectuur

Hoewel de analogie met de wereld van de steden, huizen en landschappen vrij goed opgaat, zijn er toch enkele essentiële verschillen.

- Een groot verschil tussen de architectuur van de fysieke wereld en de architectuur in de digitale wereld is dat huizen en steden anorganische artefacten zijn, terwijl de informatievoorziening en het bedrijfsgebeuren dat daarmee wordt ondersteund, in

³⁹ Het is trouwens te verwachten dat wij in de nabije toekomst IT zullen dragen, dus in onze kleren en sierraden, in plaats van IT te sjouwen.

⁴⁰ In fysieke zin zal het personal web ergens in een beveiligde datakluis ‘onder de grond’ zijn opgeborgen.

feite organisch van aard zijn⁴¹. Dit impliceert tevens dat de digitale architectuur nooit geheel klaar is, digitale architectuur is een groeimodel.

- In de fysieke wereld van de gebouwen lijkt architectuur vaak hoofdzakelijk bedoeld voor het uiteindelijke resultaat: het gebouw, de wijk of de stad. Digitale architectuur is echter nooit een einddoel, maar een ondersteunend hulpmiddel bij (strategische) besluitvorming en transformatie van de onderneming. In de IT-wereld is architectuur bedoeld om richting te geven aan het transformatieproces op alle niveaus van de onderneming. Dat vraagt om een architectuur die niet al te gedetailleerd is uitgewerkt als het gaat om zaken die in de toekomst moeten worden gerealiseerd. Voor een bruikbare architectuurbeschrijving moet gelden: 'just-enough' en 'just-in-time'.
- Computers, en IT in het algemeen, beginnen een meer en meer dominante rol te vervullen in de menselijke samenleving. Wij steunen af op een mens-computer samenleving waarin wij terdege rekening moeten gaan houden met de capaciteiten van hoogst interactieve, altijd aanwezige, pseudo-autonome artefacten waarvan wij de werking niet geheel meer zullen kunnen doorgronden. Het is de taak van de architect om bij het ontwerp van een artefact de werking zodanig te expliciteren dat een gebruiker te allen tijden voldoende kan weten wat hij aanricht.
- Fysieke architectuur wordt waargenomen via de zintuigen en heeft daardoor een sterk lichamelijke beleving. Digitale architectuur komt in feite binnen via het denken, het lagere deel van het denken om precies te zijn. Daarom is het een extra moeilijke opgave om digitale architectuur te visualiseren op een zodanige wijze dat zij kan worden begrepen door niet-IT-ingewijden.
- In de digitale wereld zijn meer mogelijkheden en ook meer vrijheidsgraden. De veranderbaarheid in de digitale wereld is vele malen groter dan in de fysieke wereld. In de digitale wereld hebben we te maken met actieve artefacten zodat er naast ruimtelijke beschouwingen ook beschouwingen nodig zijn met een tijdsdimensie.
- En uiteindelijk kan de digitale architectuur volledig op maat worden gesneden voor elk individu.

Toch kunnen digitale architecten veel, heel veel leren van architecten uit de fysieke wereld. Zoals reeds gesteld, wordt architectuur in de fysieke wereld uiteindelijk zichtbaar in het bouwwerk, de architectuur in de digitale wereld blijft een mentale aangelegenheid. Om te leren denken in architecturen zou het daarom zinvol zijn als digitale architecten zich eerst eens bezig houden met het leren genieten en doorgronden van architectuurprincipes in de fysieke wereld.

Architect⁴² in de digitale wereld

Er ontstaat geen waardevolle architectuur zonder echte architecten. Er is zeer veel geschreven over de architect. Voor een encyclopedische inspiratie over de fysieke architect wordt verwezen naar een compilatie door Spiro Kostof (Kostof, 2000). Marc en

⁴¹ Zie Gouillart en Kelly 'Transforming the Organization' (Gouillart et al., 1995) voor een moderne beschouwing van een onderneming.

⁴² Vroeger in het tijdperk voor de entree van de digitale architecten verliep automatisering rechttoe rechtaan. Een analist stelde een vraag en het antwoord was min of meer direct implementeerbaar. Tegenwoordig werpt een vraag een antwoord op dat een nieuwe vraag genereert in een andere richting of andere discipline omdat alles met alles samenhangt. Het multidisciplinaire is van zichzelf al complexer, en als digitale architect moet je daarin een weg weten te banen naar een goede 'overall' oplossing.

Laura Sewell (Sewell, 2002) hebben een aardig boek geschreven over het beroep van de software-architect dat voor een groot deel is te generaliseren tot de architect in de digitale wereld. Voor een verkenning van rol en taak van architecten in de digitale wereld wordt verwezen naar de vele bijdragen op de Landelijk Architectuur Congressen, bijvoorbeeld (Vermeulen, 2000) en (Rijsenbrij et al., 2001a). In Nederland zijn de digitale architecten verenigd in het NAF (Nederlands Architectuur Forum; www.naf.nl) en het GIA (genootschap voor informatiearchitecten; www.gia.nl).

- soorten architecten

Er zijn vijf soorten digitale architecten te onderscheiden die ieder weer hun eigen specialismen kunnen hebben. Wij onderscheiden de kaderstellende⁴³ architect, (te weten de enterprise-architect en de domeinarchitect) en wat in de Angelsaksische literatuur wordt aangeduid met ‘solution-architect’⁴⁴ (de applicatie-architect, de technische-infrastructuur-architect en de werkruimte-architect).

De scope van het werkterrein van de enterprise-architect is de onderneming in haar geheel, de relatie met haar ecosysteem en de opdeling in domeinen. Het zwaartepunt van zijn werkzaamheden zal liggen in het informatiegebeuren⁴⁵. Een beschouwing van de onderneming kan immers niet zonder een beschouwing van de informatie- en communicatiepatronen, die nodig zijn om de onderneming optimaal te laten functioneren. De enterprise-architect onderzoekt welke informatie waar en wanneer beschikbaar dient te zijn voor ondersteuning van de bedrijfsproducten, -diensten, -processen en -organisatie. Overzicht in de informatieafhankelijkheden tussen de verschillende activiteiten maakt de onderneming bestuurbaar en legt daarmee de dynamiek van de business bloot. Een enterprise-architect dient het wezen van de besturing van een onderneming te doorgronden: welke rollen hebben welke informatie nodig. Hiervoor heeft hij een goed begrip nodig van het type van de onderneming. De uitdaging voor de enterprise-architect is te ontdekken wáár beslissingen worden genomen die essentieel zijn voor het waardecreërend vermogen van de onderneming. Vervolgens zal hij architectuurprincipes definiëren, om zich ervan te verzekeren dat informatie op effectieve en efficiënte wijze op de juiste locatie komt. Een architect zal daarbij mechanismen die toegang tot informatie mogelijk maken op elkaar moeten afstemmen en faciliteiten ontwerpen die een cultuur stimuleren die bevorderlijk is voor gewenst gedrag.

Vanuit missie, visie en (concurrentie)strategie zal hij een architectuur opstellen die de samenhang van de onderneming ondersteunt. Natuurlijk zal hij zich daarnaast ook bezighouden met het ondernemingsbreed opstellen van principes in de andere architectuurwerelden, zoals de applicaties en de infrastructuren.

De enterprise-architect is het geweten van de onderneming. Zijn aandachtsveld is het gedrag, de structuur en de transformatie van de onderneming. Om hier goed in te kunnen functioneren, heeft de architect de volgende vijf vaardigheden:

⁴³ Met kaderstellend wordt bedoeld een eerste afbakening. Een kaderstellende architectuur ondersteunt de planning en biedt een soort referentiekader.

⁴⁴ Een solutionarchitectuur ondersteunt ontwerp en bouw; schrijft standaards en richtlijnen voor; geeft relevante patterns aan; bevordert hergebruik.

⁴⁵ Dus de laag die wordt aangeduid met de I-wereld.

1. goed inzicht in de invloed die nieuwe wetmatigheden uit het ecosysteem hebben op de onderneming;
2. creatief talent voor interessante mogelijkheden die voortkomen uit nieuwe technologieën;
3. open oog voor de impact die nieuwe wetmatigheden hebben op de verschillende spelers, zoals werknemers en aandeelhouders;
4. kennis in het gebruik van coördinatiemechanismen;
5. een goede beheersing van visualisatie en communicatie.

De domeinarchitect zal zich bezig houden met het opstellen van een architectuur voor een specifiek domein. Het zwaartepunt van zijn werkzaamheden zal liggen in het bedrijfsgebeuren⁴⁶. Deze functionaris houdt zich bezig met een beschouwing van de producten, de diensten, de bedrijfsprocessen behorende tot het domein inclusief zijn organisatie, maar dat alles voorzover als nodig is voor het concipiëren van een digitale architectuur voor dat domein.

Een domeinarchitect helpt daarom mee bij het ontwerpen van de ‘business’. Hij beoordeelt de realiseerbaarheid van een businessconcept en geeft zijn adviezen over hoe een domein in de steigers kan worden gezet. Zijn vak is de business begrijpen. Vanuit dat begrip van die business en gebaseerd op businesskennis, ervaring en ‘best practices’ definieert hij de architectuurprincipes. Op basis van deze principes schetst (visualiseert) hij de verschijningsvorm van het betreffende domein.

Naast consultancyvaardigheden behoort de domeinarchitect te beschikken over specifieke branchekennis, kennis van producten en distributiekkanalen plus kennis en ervaring over het dynamische effect van nieuwe technologische ontwikkelingen voor dat specifieke domein.

De applicatiearchitect stelt de architectuurprincipes op voor applicaties op enterprise-niveau, op domeinniveau en op het niveau van een individuele applicatie. Op het niveau van de individuele applicatie zal de architectuur bestaan uit een op maat gesneden deelverzameling van de principes die gelden op de kaderstellende niveaus. Door nieuwe inzichten in het vakgebied van de software engineering, nieuwe technologische mogelijkheden, veranderende gebruikerswensen en door ervaringen uit de projecten waarin individuele applicaties worden gebouwd, zal een eventuele bijstelling plaatsvinden van de principes op de kaderstellende niveaus.

De technische-infrastructuur-architect stelt de architectuur op van de technische infrastructuur zowel voor de gehele onderneming (mede in relatie tot het ecosysteem) als voor de specifieke toevoegingen per domein. Hierbij gaat het om de architectuurbeschouwingen over de toepassing van IT in de infrastructuren. Dit behelst het hele gebied van servers, desktops, storage, connectivity, operating systems en middleware. De verwachting is dat er een grootscheepse sanering komt in de grote verscheidenheid van componenten op dit gebied. Als gevolg daarvan zal de inhoud van deze functie drastisch vereenvoudigen.

⁴⁶ Dus de laag die wordt aangeduid met de B-wereld.

De werkruimte-architect creëert de digitale werkruimte voor de verschillende interne en externe rollen van de onderhavige onderneming. In de werkruimte komt voor de gebruiker alle digitale functionaliteit samen, daarom zal hier de beleving van de gebruiker een hoofdrol spelen. Een effectief en efficiënt gebruik van alle IT-middelen wordt sterk bevorderd door een juist ingerichte digitale werkruimte.

Jammer genoeg lijken bovenstaande zaken langzamerhand allemaal aparte disciplines te worden. De werkelijk goede architecten in de fysieke wereld hielden zich echter bezig met het totale scala. ‘Bouwen is universeel in de zin van “alles omvattend”’, zo stelt prof. ir. Jan Brouwer in zijn afscheidscollege, getiteld *The making of Architecture* (Brouwer, 2000) op p116. ‘De ontwerper dient zich bezig te houden met het gehele proces van programma tot en met hergebruik. Dat heeft tot consequentie dat de architect een aantal generalistische trekjes vertoont. De bemoeienis gaat, zoals Bakema al zei, “Van Stoel tot Stad”. Als deze uitspraak wordt aangepast aan het fin de siècle zou je zeggen: “Van Zitje tot City”.’

Een goede vertegenwoordiger van deze universele opvatting was de Nederlandse architect Gerrit Rietveld. Rietveld vestigde zich in 1911 als zelfstandig meubelmaker in Utrecht in de voetsporen van zijn vader. In 1919 breidde hij zijn creatieve vormgevende talenten uit tot het beroep van architect. Na een aantal verbouwingen, ontwierp hij in 1924 zijn eerste huis, het later beroemd geworden Schröder-huis in Utrecht. Het meubelmaken bleef echter een van zijn belangrijke passies, hetgeen resulteerde in een hele serie wereldberoemde rood-blauwe stoelen. Het interieur was, als de meest directe belevingswereld, vaak het startpunt van zijn totale ontwerpproces.

Alle soorten architecten in de digitale wereld vechten tegen complexiteit. De wereld wordt steeds complexer, steeds minder bestuurbaar. Een van de belangrijkste activiteiten die een architect verricht is simplificeren. Maar het is ook de bedoeling dat daar een leefbare wereld uitkomt. Bij een goede architect staat de mens centraal. Een architect dient drie vaardigheden te beheersen. Hij moet zuiver kunnen denken en structureren, hij moet zich kunnen inleven in gebruikers en dus een aantrekkelijke digitale wereld kunnen ontwerpen, en hij moet voldoende verstand hebben van constructie.

Om de doelen van de stakeholders te borgen, heeft een architect niet alleen een holistische kijk en structurerende kwaliteiten nodig, maar ook een grote mate van creativiteit plus het vermogen te inspireren en te mobiliseren. De architect dient als extra nog te beschikken over sterk analytische en conceptuele eigenschappen. Hij kan zaken structureren en integreren (stijl, functie en ontwerp), zaken terugbrengen tot de essentie en daar in praktische zin over communiceren.

Architecten volgen een ‘top down’-benadering op basis van inzicht en overzicht over het geheel. Zij hebben dan ook een holistische visie op wat zij moeten creëren en leggen een sterke nadruk op de gevoelswaarde van hetgeen zij maken, de beleving dus. IT-engineers⁴⁷ volgen een ‘bottom up’-benadering. Zij verzorgen vanuit product- en oplossingskennis een deeloplossing binnen een groter geheel. Dit gebeurt veel minder vanuit een architectuur- en meer vanuit een constructie- of engineeringbenadering.

⁴⁷ Er lopen veel IT-deskundigen rond die zich architect noemen, maar eigenlijk IT-engineer zijn, zoals infrastructuur engineers, netwerk engineers, applicatie engineers, software engineers, security engineers, engineers voor Enterprise Application Integration, Java engineers.

Hierbij is vervolgens de eigen creativiteit beperkt tot de invulling binnen de kaders van de gewenste oplossing, zoals aangegeven door de architect.

Een architect staat voor het grote geheel en de omgeving. Engineers geven vervolgens invulling aan vraagstukken op het gebied van beveiliging, software-oplossingen, pakkettoepassingen, infrastructurele voorzieningen. Dit alles binnen de uitgangspunten, principes en grenzen die de architect heeft aangegeven.

- scholing

Een architect staat niet op uit de schoolbanken, zelfs niet van een universitaire instelling. Een architect is iemand met ten minste zeven jaar grondige algemene automatiseringservaring, bij voorkeur met consultancyervaring enerzijds en ervaring in systeemontwikkeling en beheer anderzijds.

Bij een loopbaan tot digitale architect geloven wij sterk in het meester-gezel-principe. Want een aankomend architect leert niet alleen door studie, maar meer nog door mee te lopen in een architectuurtraject onder begeleiding van een ervaren architect die de rol van coach vervult.

De digitale architectuur heeft nog een forse weg af te leggen ten opzichte van de fysieke architectuur alvorens zij een volwassen discipline zal zijn. Te denken valt aan academische opleiding / verankering, onafhankelijke certificering & registratie, bijscholing en nascholing. Dit zijn zaken die reeds in de notitie *Strategische Inzet van Software in Nederland* van het ministerie van Economische Zaken staan opgesomd.

Het zal minimaal nog vijf jaar duren voor de eerste kandidaat-architecten uit het academisch circuit kunnen rollen.

- honorarium

Na vele diepgaande gesprekken kom ik tot de conclusie dat er niets is dat een fysieke architect doet in de fysieke wereld dat een digitale architect niet doet in de digitale wereld. Maar hoeveel is een architect waard in die digitale wereld? Kort antwoord: 'zijn gewicht in goud'!⁴⁸

Vroeger, in de tijd van de lineaire systeemontwikkelmethode⁴⁹ (waaronder het beroemde SDM) (Rijssenbrij, 1993a), was er een boerenwijsheid dat een fout in het technisch ontwerp tien keer zoveel kostte als een fout in het programmeertraject. Een fout in het functioneel ontwerp kostte tien keer zoveel als een fout in het technische ontwerp. Hoe eerder in het traject van het concipiëren van een informatiesysteem een fout werd geïntroduceerd, hoe meer het kostte om die fout te herstellen. Er kan nu echter worden gesteld dat een fout in de architectuur kan impliceren dat de onderneming een doodlopende weg inslaat⁵⁰, dus einde exercitie!

Zoals gesteld zijn er meerdere soorten digitale architecten. Maar de CAO (Corporate Architectural Officer)⁵¹, de enterprise-architect die op ondernemingsniveau de

⁴⁸ Het zou trouwens verstandig zijn als een digitale architect zich eens afvroeg hoe het zit met zijn juridische aansprakelijkheid.

⁴⁹ Volgens een voormalig medewerkster van mij, Yvonne Kampmeier, is een goed inzicht in de lineaire systeemontwikkeling van essentieel belang voor het begrijpen van alle andere systeemontwikkelvarianten. Een overeenkomstige rol die het Latijn heeft voor de West-Europese talen.

⁵⁰ Hetgeen wellicht te veel vertraging veroorzaakt om de concurrentie nog te kunnen bijhouden.

⁵¹ Gezien het cruciale belang van continuïteit in het architectuurdenken hoort de CAO beslist op de loonlijst van de eigen onderneming. Veel architecten op andere niveaus kunnen worden ingehuurd om een

eindverantwoordelijke is over het gehele architectuurgebeuren in de onderneming, is van cruciaal belang. Wel beschouwd is een CAO wellicht belangrijker voor de continuïteit van de onderneming dan de CFO (Corporate Financial Officer) in dit hectische tijdperk waar het adaptieve vermogen in de onderneming van levensbelang kan zijn. De vraag 'hoeveel is een architect waard' verschuift daarom naar de vraag 'wat mag de continuïteit van de onderneming kosten?' Dan wordt architectuur ineens een 'shareholder value'. Als de toparchitect van een onderneming drie à vier cruciale strategische ideeën per jaar heeft dan is hij zijn salaris meer dan waard.

Een goede architect ziet meestal al vrij snel wat er nodig is, hoe het toekomstige ontwerp er in hoofdlijnen uit zou kunnen zien. Dit geldt zeker bij goede externe architecten. Door hun meestal wat bredere⁵² blik kunnen zij vaak beter zien⁵³ wat er werkelijk nodig is voor de onderneming. Maar net als hun fysieke broeders spreken zij dat niet gelijk uit. Een roemruchte fysieke architect vertrouwde mij eens toe dat in het eerste gesprek over eisen en wensen met de belangrijkste stakeholders hij zich al een redelijk goede voorstelling kon maken van waar het ontwerp naar toe zou kunnen gaan. Maar zei hij: 'Voordat ik die voorstelling als een houtskoolschets aan mijn klant opstuur, wacht ik twee weken omdat het anders zo vreemd overkomt dat ik daar een rekening bij doe van anderhalve ton euro's'. En dat is de waarde van een architect. Goede, uitvoerbare ideeën zijn goud waard!

Bruikbare architectuur hoort gebruikers, als werknemer en als wereldburger, uit te dagen zich te ontplooien. Maar hoeveel architecten luisteren echt naar de ware behoefte van die gebruikers? Hoeveel architecten proberen eerst de ware vraag achter de bouwopdracht te doorgronden in plaats van direct met allerlei prefab oplossingen te komen aansjouwen? Daarom enkele waarschuwingen voor opdrachtgevers:

1. wantrouw architecten die niet kunnen luisteren, dit leidt alleen maar tot 'autistische' IT-systemen;
2. wantrouw architecten die bij hun eerste kennismaking pronken met hun uitgebreide collectie 'patterns' (kant-en-klare deeloplossingen);
3. wantrouw architecten die niet willen blijven tijdens de realisatie⁵⁴;
4. wantrouw architecten die niet eenvoudig, dus op uw niveau, kunnen visualiseren wat u krijgt;
5. wantrouw architecten die verliefd zijn op technologie.

Weerstand

Het zal duidelijk zijn geworden dat het concipiëren van een bruikbare architectuur geen sinecure is. Hiervoor zijn mensen nodig van academisch niveau met een groot inlevingsvermogen in mensen en bedrijfssituaties. Goede architectuurstudies leiden tot vereenvoudiging en helderheid, hetgeen nog al wat weerstanden oproept in ondernemingen. Toch is architectuur slechts de helft van het probleem. De artefacten

capaciteitsprobleem of manco's in de expertise tijdelijk in te vullen. De rol van de CAO lijkt trouwens meer op die van de Rijksbouwmeester of de minister van VROM dan op die van een operationele architect.

⁵² Het voordeel van externe architecten is dat zij overeenkomstige uitdagingen in andere ondernemingen al een keertje hebben doorgrond.

⁵³ Een externe architect staat fris tegenover de probleemstelling omdat hij niet onderworpen is aan de cultuur van de onderhavige onderneming. Voorts kan hij makkelijker knopen doorhakken omdat hij geen blijvende werkrelaties heeft met de medewerkers in de onderneming.

⁵⁴ Een architect heeft een goede technische achtergrond nodig, met een 'wiskundige' instelling.

dienen ook nog te worden gerealiseerd en daarbij zien we vaak veel weerstanden tegen verandering. Een kleine anekdote over hoe men vroeger met dergelijke weerstanden omging.

Toen Lodewijk Napoleon (Napoleon III) aan de macht kwam werd hij geconfronteerd met een onbestuurbaar Parijs⁵⁵. Door de Franse revolutie (de echte en die van 1848) was het volk gewend aan ‘vrijheid blijheid’ en na de deceptie over de teloorgang van de Franse grandeur door de nederlagen van Napoleon Bonaparte (Napoleon I) was de eenheidsgedachte ook ver te zoeken. Het grotere geheel stond niet meer centraal. Het lot van Parijs lag in handen van een verzameling van toevallige individualisten. Zelfs met behulp van het leger was Parijs niet meer tot discipline te brengen. De smalle straten nodigden uit tot het oprichten van barricades. De huizen in Parijs stonden zelfs zo dicht op elkaar dat de mensen zich makkelijk van huis tot huis konden bewegen door over de straten heen te springen. Toen nam Lodewijk Napoleon een stedenbouwkundige architect in de arm, baron Georges Eugène Haussmann⁵⁶, en gaf hem de opdracht een architectuur te concipiëren die voorwaardescheppend was voor een grotere beheersbaarheid. Haussmann ontmantelde rücksichtslos het dichtgeslibde centrum (wij zouden tegenwoordig zeggen de ‘legacy’), plaatste een ster in het midden (Place de l’Etoile) en creëerde enkele brede aanvoerroutes, de Grands Boulevards.

Het hoofdkantoor van Capgemini aan de Rue Tilsitt, ontworpen door een van de architecten van Napoleon, kijkt uit op l’Arc de Triomphe. U begrijpt daarom dat ik tijdens de vele langdurige vergaderingen veel inspiratie heb opgedaan door naar buiten te kijken, naar de fysieke wereld.

Een wat actuelere probleemsituatie is de stad Bangkok. De stad is volledig dicht geslibd en overdag nauwelijks voor auto’s toegankelijk. Er is als het ware een file van ‘s ochtends 9.00 uur tot ‘s avonds 18.00 uur. Er zijn fly-overs over fly-overs om nog iets te doen aan de verkeersproblematiek aan de randen van de stad. Zou de verkeersproblematiek kunnen worden opgelost door slimmere stoplichten of andere technische hoogstandjes op verkeersgebied? Neen! Er is een toparchitect nodig om het stadsplan drastisch te veranderen: eerst een moderne architectuur en pas daarna verkeerstechnologie.

Bovenstaand beeld van het centrum van Parijs geldt voor heel veel ondernemingen, inclusief de Nederlandse overheid. Veel ondernemingen zijn nauwelijks bestuurbaar, informatiestromen lopen niet, rapportagekanalen zitten verstopt. Het automatiseringslandschap is vaak een lappendeken van applicaties die nauwelijks effectief noch efficiënt functioneren. De kosten om de applicaties in de lucht te houden zijn vaak veel en veel te hoog, de servicegraad is van bedenkelijk niveau. De informatievoorziening staat nauwelijks ten dienste van de klanten, zelfs niet van de medewerkers. Ondernemingen zijn nauwelijks transparant voor de klant en hebben weinig echte identiteit. Ook het beeld van Bangkok moet heel herkenbaar zijn voor veel IT-managers. En net als de verkeerstechnologen proberen de IT-technologen de dichtgeslibde informatievoorziening op te lossen door er nog meer IT in te pompen in plaats van het informatieverkeer eerst eens op te schonen.

⁵⁵ Parijs blijkt een zeer geliefde inspiratie voor digitale architecten, zoals ook kan worden gezien in een geschrift van McKinsey (Laartz et al., 2000).

⁵⁶ Ik weet dat ik de aanduiding ‘stedenbouwkundig architect’ voor baron Haussmann gebruik ‘avant la lettre’, officieel was hij namelijk de prefect van het departement Seine.

Signalen uit de onderneming conform situaties à la Parijs en Bangkok zouden voor de CEO een teken moeten zijn dat er echt iets dient te gebeuren. Maar de ‘sense of urgency’ om werkelijk te beginnen aan een nieuwe architectuur blijkt bij veel ondernemingen laag, wellicht veroorzaakt door de grote werkdruk om in de bestaande situatie nog enigszins het hoofd boven water te kunnen houden.

Menselijke maat en IT: verantwoordelijkheid van de architect

Als laatste aandachtspunt in dit korte epistel wil ik nog iets kwijt over de menselijke maat in IT-toepassing. Ook in mijn eerste inaugurele rede getiteld *Automatisering: vloek of zegen?* (Rijzenbrij, 1993b) wordt daarover gereflecteerd. Sinds die tijd heb ik veel geworsteld met dit thema en heb met een aantal geestverwanten een werkgroep opgericht: www.it4humans.org.

Het Grote Drama in de IT-industrie wordt veroorzaakt door het feit dat er schijnbaar (op korte termijn) erg veel geld is te verdienen met de overhaaste toepassing van IT. Daardoor worden de meeste uitvindingen nog voordat ze gerijpt zijn in de ‘laboratoria’ tot een stabiel product, reeds ingezet in het functioneren van ondernemingen en overheid. De digitale wereld is een wereld die wordt gedomineerd door technofreaks, techneuten die constructies creëren waarbij de technologische mogelijkheden centraal worden gesteld in plaats van de werkelijke behoefte van mens en onderneming. Daar word je als gebruiker meestal niet gelukkiger van.

Waarom over menselijke maat te spreken in een oratie over digitale architectuur? Maat als middel tot echte bruikbaarheid is de verantwoordelijkheid van de architect. Het is niet redelijk om een ontwerper te verwijten dat het ontwerp niet aansluit bij de behoefte van de onderneming dan wel de behoefte van de (eind-)gebruikers. Het is uiterst urgent dat digitale architecten zich gaan bezinnen over hoe de mensheid staande kan blijven, zowel in het werk als in de privé-sfeer, in het informatietijdperk. Hoe de menselijke waardigheid te bewaren en bewustzijnsvernauwing te voorkomen in de steeds (zogenaamd) intelligentere vormen van automatisering. In de bloeitijd van de Griekse beschaving werd veel aandacht geschonken aan allerlei wiskundige beschouwingen om een ordenend beeld te krijgen over het functioneren van de schepping. Die plaats van de wiskunde als ordenende wetenschap wordt in onze tijd overgenomen door de informatiekunde⁵⁷.

Het begrip menselijke maat is ook in de fysieke architectuur voortdurend onderwerp geweest van veel reflectie. Reeds in de grijze oudheid introduceerde Pythagoras de Gulden Snede. De werkelijke studie van de menselijke maat is begonnen in de hoogtij van de Italiaanse Renaissance door Buonarroti Simoni Michelangelo di Lodovico⁵⁸. Voor de fysieke wereld is een aardig boekje over de menselijke maat geschreven door twee deskundigen uit Delft, met als ondertitel ‘een studie over de relatie tussen gebruiksmaten en menselijke afmetingen, bewegingen en handelingen’ (Haak et al., 1994). Hierbij wordt de gewenste maatvoering afgeleid van de afmetingen van het menselijk lichaam, meestal gesymboliseerd door de ‘Vitruvius-man’ van Leonardo da Vinci tegenwoordig afgebeeld op de Italiaanse één-euromunt. Le Corbusier heeft voor het

⁵⁷ Helaas beschouwen sommige academici ten onrechte informatica en informatiekunde nog als een verbijzondering van de wiskunde.

⁵⁸ Zijn meesterwerk als architect is zonder meer de Sint Pieter in Rome.

ontwerpen van gebouwen in 1945 zelfs een proportieeler opgesteld uitgaande van de verdeelbaarheid van het menselijk lichaam volgens de Gulden Snede.

Menselijke maat is een zeer complex en filosofisch onderwerp dat thuis hoort op academisch niveau. 'De mens is de maat van alle dingen' aldus Protagoras, de belangrijkste sofist uit de Griekse verlichting in de vijfde eeuw voor Christus. Deze zin bevat echter een aantal intrigerende woorden: 'mens', 'maat', 'alle dingen'. Ik heb de stellige overtuiging dat wij geen adequaat mensbeeld hebben dat bruikbaar is in het informatietijdperk⁵⁹. En 'alle dingen' is zo onoverzichtelijk geworden. We zitten nu midden in een hectisch overgangstijdvak. Alles om ons heen wordt door IT ondersteund en moet op / via het internet. Nieuwe technologieën spoelen over ons heen. Dat geeft ons zo af en toe het gevoel te verdrinken in de chaos van nieuwe IT-uitdagingen.

In deze behoefte aan orde en maat heeft het begrip architectuur zijn intrede gedaan in de digitale wereld. Er is een fundamentele behoefte aan het ontstaan van orde, maat, discipline en schoonheid in de informatievoorziening, in softwareproducten, in IT-diensten en zelfs in het ontwikkelproces an sich.

Een binnenhuisarchitect hoorde ik laatst stellen dat een ruimte lekker moet aanvoelen, je moet je vrij en ontspannen voelen in een ruimte. Een ruimte moet ruimte bieden om optimaal te kunnen functioneren. Op mijn eerste Landelijk Architectuur Congres te Amsterdam in 1999 merkte iemand op dat een applicatie, een pc, een PDA of een ander elektronisch apparaat moet aanvoelen als een goetzittende prothese. Het is niet van jou, maar het voelt bijna natuurlijk aan. Als ik voor mijzelf spreek moet ik in alle eerlijkheid toegeven dat de meeste applicaties en apparaten in hoge mate irriteren. Zij kunnen het bloed onder je nagels vandaan halen. Als je haast hebt, laat de computer het afweten, de computer kan vaak de meest imbeciele foutwaarschuwingen genereren en zij⁶⁰ is bijna altijd sneller of langzamer dan ik zou willen. De meesten van ons zullen applicaties ervaren als (on)dinngen die hoofdpijn veroorzaken, die irriteren en die je eindeloos dom werk laten verrichten. Dat is niet wat je je werknemers wilt aandoen in het derde millennium. Daarom is elke ondernemer moreel verplicht om een volwassen digitale werkomgeving ter beschikking te stellen⁶¹. Een juist ingerichte werkomgeving verleidt tot ontplooiing, verleidt tot groei in de uitoefening van je beroep. Het werkt als een katalysator voor professioneel enthousiasme.

⁵⁹ Dit is überhaupt het probleem bij ethische beschouwingen over de toepassingen van moderne technologie, ook buiten de IT.

⁶⁰ Een computer is een ding dus zou moeten worden aangeduid met 'het', echter veel mensen hebben de behoefte alledaagse dingen te antropomorfiseren. Gezien het passieve karakter van de computer in relatie met de gebruiker kies ik er daarom voor om computer met 'zij' aan te duiden.

⁶¹ Dit zou hoog op de agenda moeten staan van de ondernemingsraad, wellicht dat zelfs de vakbond daar in de toekomst aandacht aan zou kunnen schenken.

Dankwoord

*Mijnheer de rector magnificus,
zeer gewaardeerde toehoorders,*

Aan het einde van mijn voordracht zult u ongetwijfeld net als ik het gevoel krijgen dat er nog heel veel te bestuderen valt. Digitale architectuur is een discipline die nog in de kinderschoenen staat. Er moet nog ‘geknopt’ worden voor een eigen identiteit, een eigen plaats en erkenning.

Hierbij is de socratische traditie van vraagstellen en reflecteren een absolute voorwaarde. Antwoorden sluiten af, vragen verleiden tot verdere verdieping. Eigenlijk zou dit de instelling dienen te zijn bij al het wetenschappelijk onderwijs en onderzoek.

Het zal duidelijk zijn dat de mening die ik zojuist heb verwoord tot stand gekomen is door gesprekken met zeer veel vakgenoten. Ik ben daar een ieder zeer erkentelijk voor. Tijdens de organisatie van de vijf eerste architectuurcongressen waarbij ik als voorzitter van de programmacommissie betrokken was, heb ik zeer veel geleerd. Dit was voor mij een leerzame exercitie, zeer veel dank aan deze community.

Ik spreek mijn erkenning uit aan de Radboud Universiteit, in het bijzonder het College van Bestuur, het bestuur van de faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica en het bestuur van de Stichting Nijmeegs Universiteitsfonds om mij in de gelegenheid te stellen deze jonge discipline nader vorm te geven. Ik ben erkentelijk dat mijn werkgever Cap Gemini, René Seeder in het bijzonder, mij de tijd verschaft in een academische setting te reflecteren over dit belangrijke onderwerp.

Ik wil, in alfabetische volgorde, een aantal mensen noemen die de afgelopen tien jaar van wezenlijke invloed zijn geweest op mijn huidige denkwijze over digitale architectuur: Thijs Bax, Jan Dietz, Jeroen van Esch, Hans Goedvolk, Herman Hartman, Jan Hoogervorst, Jaap Hoebe, Martin Op ’t Land, Pieter van der Ree, Jaap van Rees, Jaap Schekkerman, Victor van Swede, Jan Truijens, Carel Weeber, Jack van ’t Wout en Stefan van der Zijden.

De proeflezers van mijn inaugurele rede, zeg ik dank: Herman Hartman, Pieter van der Ree, Alijd Rijsenbrij, Hanno Wupper en Theo van der Weide.

Ik heb gezegd.

Korte karakterisering van prof. dr. Daan Rijsenbrij

Rijsenbrij is een fervent voorstander van een krachtig Europa⁶² doch ook het prototype van een nuchtere zakelijke Hollander, geboren in Amsterdam, opgegroeid in het Gooi en gestudeerd in Amsterdam.

Hij heeft een hekel aan politiek; hij zegt wat hij denkt en doet wat hij zegt. Ook binnen de IT - branche wordt hij gezien als iemand die geen blad voor de mond neemt (www.rijsenbrij.com).

Hij leest nauwelijks romans. Hij ziet romans als verpakte psychologie en vindt dat het leven te kort is om je bezig te houden met verpakking. Daarnaast heeft hij de pest aan puzzelen. In zijn eerste inaugurele rede (*Automatisering: vloek of zegen?*) typeert hij puzzelen als 'de ene idioot zit een probleem in elkaar te sleutelen, dat de andere idioot probeert te ontwarren, alsof er geen aangenamere vormen zijn van tijdversnipperen'. In zijn beleving beweegt een groot deel van de automatisering zich tussen puzzelen en romanschrijven. Enerzijds zet hij zich daarom in voor een verzakelijking van de automatisering, anderzijds studeert hij op de menselijke maat in de automatisering, zie ook www.it4humans.org.

Het is zijn stellige overtuiging dat zonder een goede, toekomstvaste digitale architectuur de automatisering van ondernemingen meer lijkt op Russische roulette dan op het zakelijke inzetten van IT-middelen.

Zijn levensfilosofie is gebaseerd op Gurdjieff / Ouspensky, Plato en de Upanishads.

⁶² Rijsenbrij is een groot pleitbezorger om middels support uit West Europa de ontwikkeling van IT-centra in Oost Europa te intensiveren opdat West-Europese ondernemingen kunnen offshoren, eigenlijk 'nearshoren', van West- naar Oost Europa. Voor de economische bloei zou de EU self supporting moeten worden op alle vlakken in de IT-sector.

Stellingen over digitale architectuur

1. **Het zal blijken dat de belangrijkste architecten van de eenentwintigste eeuw de architecten van de digitale wereld zijn.**

Deze nieuwe loot aan het architectuurdenken zal een veel grotere impact krijgen op het functioneren van mens, onderneming en maatschappij dan de architectuur van de fysieke wereld.

Ik ben er echter ook van overtuigd dat er in de toekomst mixed teams zullen ontstaan van fysieke architecten en digitale architecten, gezien de vervlechting van de beide werelden. Daarom is de houding van het SBA⁶³ inzake het alleenrecht van de architectentitel voor de fysieke wereld beslist ongepast en niet meer van deze tijd. Dit blokkeert een synthese tussen de architecturen van de beide werelden.

2. **Veel onbegrip over digitale architectuur komt doordat architectuur in de digitale wereld veel abstracter is dan architectuur in de fysieke wereld.**

Hierdoor hebben sommige fysieke architecten nog wat moeite om een beeld te vormen van een architect in de IT-sector. Voorts is het artefact onder beschouwing veel dynamischer, wat veel hogere eisen stelt aan de onderhavige architectuur.

Veel problemen in de digitale architectuur zijn ook veel complexer dan in de fysieke wereld. Het zal blijken dat door de wat fundamenteelere opstelling die wordt vereist van enterprise architecten zij uiteindelijk zullen komen tot oplossingswijzen die ook leerzaam zullen zijn in de stedenbouwkundige architectuur. De complexe problemen in de stedenbouwkundige architectuur zijn immers de toegankelijkheid van de stad en de afvoer van het afval.

3. **De wanorde in het applicatielandschap en de IT-infrastructuur bij veel ondernemingen wordt veroorzaakt door een gebrek aan digitale architectuur.**

Een slechte enterprise-architectuur werkt als een dwangbuis voor de onderneming. Elke onderneming heeft echter een enterprise-architectuur, veelal een impliciete, niet bewuste. Een impliciete enterprise-architectuur zou echter best een slechte kunnen zijn.

Veel ondernemingen hebben ten onrechte de indruk dat de problematiek in de IT kan worden opgelost met meer IT⁶⁴ in plaats van het concipiëren van een heldere enterprise architectuur met de daarbij horende domeinarchitecturen.

4. **Met goede digitale architectuur zijn er minder automatiseerders⁶⁵ nodig en minder personeel om infrastructuur en applicaties in de lucht te houden.**

In plaats van alsmaar meer mensen te moeten (om)scholen, wordt het tijd dat het vakgebied daadwerkelijk wordt 'verdiept' door architectuur centraal te stellen. Een volwassen digitale architectuur is nodig om de kwaliteit van inzet en gebruik van IT-

⁶³ Stichting Bureau Architectenregister: www.architectenregister.nl.

⁶⁴ IT toevoegen bij IT-problemen heeft vaak het zelfde effect als olie op het vuur gooien. Je bent druk in de weer, maar het wakkert de problemen alleen maar aan.

⁶⁵ Omdat de meeste ondernemingen nog steeds veel te veel IT-ers aan het werk hebben, geldt de bekende vuistregel: wat één IT-er kan presteren in één week, kunnen twee IT-ers in twee weken.

middelen op een hoger peil te krijgen; zo'n beslissing heeft direct impact op het rendement in bedrijfsleven, overheid en samenleving.

5. Een brede academische vooropleiding is een absolute voorwaarde voor een bekwame digitale architect.

Er is grote behoefte aan architectuuropleidingen op academisch niveau. Een digitale architect dient naast architectuurkennis ook voldoende kennis te hebben van bedrijfskundige, sociologische en psychologische zaken naast fundamentele kennis van systeemtheorie en cybernetica. De digitale architect 'vecht' enerzijds tegen complexiteit, anderzijds tracht hij een 'bewoonbare' digitale wereld te scheppen.

Het formuleren van de totale digitale architectuur in een onderneming heeft een moeilijkheidsgraad die slechts wordt overtroffen door de wat moeilijkere onderwerpen uit de theoretische natuurkunde, ondanks het feit dat er geen formules⁶⁶ worden toegepast. Het concipiëren van een consistente, coherente verzameling principes met een hoge mate van toekomstvastheid in een driedimensionale ruimte⁶⁷ vergt een bijzonder hoog niveau van abstract denken. Daarenboven heeft een digitale architect nog te maken met ondoorgrondelijke 'objecten' als mensen.

6. De CAO (corporate architectural officer), de hoogste architect, dient juist te worden gepositioneerd in een onderneming.

Architectuur is het middel bij uitstek om te borgen dat een onderneming kan ontplooiën naar een fascinerende, onbekende toekomst. Daarbij is de enterprise-architect belangrijker voor de continuïteit van de onderneming dan de CFO⁶⁸.

Te vaak komt het nog voor dat de CAO wordt gezien als het knapste jongetje van de klas die met heel moeilijke zaken bezig is. In een moderne onderneming echter zitten de CEO, CIO en de CAO eens per kwartaal om de tafel om de strategische mogelijkheden voor de onderneming te evalueren / bij te stellen.

7. Technologie is zeer belangrijk voor architectuur. Maar zet niet de CTO (corporate technology officer) op de plaats van de CAO (corporate architectural officer).

Nieuwe technologieën bieden mogelijkheden tot geavanceerdere architecturen. Maar de inzet van technologie dient dienend te blijven. De CTO hoort daarom een inspiratiebron te zijn voor de CAO. Het is uiteindelijk de verantwoordelijkheid van de CAO om nieuwe technologieën zodanig aan te wenden dat ze de effectiviteit, de efficiency en het innovatieve vermogen van de onderneming bevorderen. Enterprise-

⁶⁶ Academisch niveau blijkt uit heldere consistente formuleringen, die de toets der kritiek kunnen doorstaan. Formules zijn slechts een verkorte notatievorm voor die formuleringen. Persoonlijk vind ik de formulering van de equivalentie van massa en energie, uitgedrukt in de simpele vergelijking $E = mc^2$, veel schoner dan de tweedeorde partiële differentiaalvergelijkingen die nodig zijn in de enigszins mystieke kwantumtheorie. Daarbij bekruipt mij toch een gevoel dat er een axiomatische fout is gemaakt van een soort als bij de epicykel theorie.

⁶⁷ Een driedimensionale beschouwingsruimte opgespannen door de dimensies: architectuuraspecten, beschouwingniveaus's (scope) en 'de vier werelden'.

⁶⁸ Als de CIO rapporteert aan de CFO, zal blijken dat IT slechts een kostenpost is; als de CIO rapporteert aan de CEO kan IT een stimulator zijn voor nieuwe business.

architectuur is een teken van beschaving en geen vrijbrief voor een technologie-uitstalling.

8. De huidige populatie van architecten in de IT-gemeenschap heeft danige opschoning⁶⁹.

Het is tegenwoordig in de mode om je architect te noemen. Dit wordt enerzijds ingegeven door het grote gebrek aan echte architecten in de bedrijfstak, anderzijds klinkt het natuurlijk reuze interessant om op een verjaardagsfeestje te vertellen dat je architect bent. Architect in een digitale wereld nog wel!

Veelvuldig wordt het begrip ‘architectuur’, zoals bedoeld in de fysieke wereld, en het begrip ‘pattern’, zoals bedoeld door Christopher Alexander, door IT-yuppen misbruikt om interessant te doen. Het wordt de hoogste tijd dat dit wordt teruggedraaid. Het zou verstandig zijn een limitatieve opsomming op te stellen van de ‘archifecten’⁷⁰ die een rol spelen bij digitale architectuur en daarmee zorgvuldig het werkerrein van de architect af te bakenen.

9. Digitale architectuur hoort helaas nog thuis in het rijtje kwaliteitssysteem, security, methodologie, risicomangement, kennismanagement en vakmanschap. Als het goed gaat met de onderneming wordt het als ballast ervaren. Als het slecht gaat, is er geen geld voor.

Het zal nog lang duren voordat de boardroom echt voor digitale architectuur zal kiezen. Continuïteit is immers minder belangrijk dan de kortetermijnpositie op de effectenbeurs. En dat terwijl enterprise-architectuur de absolute voorwaarde is om de complexiteit de baas te blijven, zeker bij outsourcingssituaties. Outsourcing zonder enterprise-architectuur lijkt op autorijden zonder veiligheidsgordel (Rijsenbrij en Delen, 2004a).

Positief is echter de tendens dat bij veel ondernemingen die wat ‘volwassener’ zijn op IT-gebied steeds vaker een digitale architect wordt ingehuurd waar vroeger nog een consultant werd geraadpleegd⁷¹. In voetbaljargon: ‘Geen woorden, maar daden’!

10. Het wordt tijd dat er een functionaris wordt benoemd die voor de digitale Nederlandse samenleving een soortgelijke taak krijgt als de Rijksbouwmeester voor de fysieke wereld.

Ook voor de Nederlandse overheid wordt digitale architectuur een steeds belangrijker issue. Hiervoor zouden documenten dienen te worden geconcipieerd zoals in de fysieke wereld *Ontwerpen aan Nederland* (Ministeries van OC&W, VROM, V&W en LNV, 2000). Juist vandaag, 1 oktober, wordt Mels Crouwel de nieuwe Rijksbouwmeester. Hopelijk toont hij wat meer affiniteit met de opkomst van de digitale architectuur dan zijn voorganger Jo Coenen.

⁶⁹ Misschien geldt dit wel voor de hele IT-gemeenschap. In ieder geval is het verstandig om bij het aannemen of inhuren van IT deskundigen eerst de lakmoesproef te doen.

⁷⁰ Een archifact is een artefact waarover een architectuurbeschouwing noodzakelijk is.

⁷¹ Een van mijn internationale klanten bekende mij in vertrouwen: ‘Als wij in een dipje zitten laten wij een consultant komen, als het probleem structureel dient te worden opgelost dan huren we een digitale architect in.’

Literatuur

- Alexander, Christopher, *The Timeless Way of Building*, Oxford University Press, 1979, ISBN 0-19-502402-8.
- Bass, Len, Paul Clements and Rick Kazman, *Software Architecture in Practice*, Addison Wesley, 1998, ISBN 0-201-19930-0.
- Brouwer, Jan, *De architectuur van het maken*, The Making of Architectuur, afscheid van prof. ir. Jan Brouwer, pp 99 – 145, Stichting Nederlandse Architectuur Manifestatie, 2000, ISBN 90-9014391-2.
- Broy, Manfred and Ernst Denert, editors *Software pioneers: contributions to software engineering*, Springer, 2001, ISBN 3-540-43081-4.
- Cook, Melissa A., *Building Enterprise Information Architecture: Reengineering Information Systems*, Prentice Hall, 1996, ISBN 0-13-440256-1.
- Gouillart, Francis J. and James N. Kelly, *Transforming the Organization*, McGraw-Hill, 1995, ISBN 0-07-034067-6.
- Haak, A.J.H. en D.Leever-van der Burgh, *De menselijke maat: een studie over de relatie tussen gebruiksmaten en menselijke afmetingen, bewegingen en handelingen*, Delftse Universitaire Pers, 1994, ISBN 90-6275-048-6.
- IEEE Standard 1471-2000, *IEEE recommended practice for architecture description of software-intensive systems*, 2000, ISBN 0-7381-2518-0.
- Joosten, Stef M.M., *Praktijkboek voor procesarchitecten*, Van Gorkum, Assen, 2002, ISBN 90-232-3862-1.
- Kostof, Spiro, editor, *The Architect; chapters in the history of the profession*, University of California Press, 2000, ISBN 0-520-22604-6.
- Laartz, Jürgen, Ernst Sonderegger, and Johan Vinckier, 'The Paris guide to IT architecture', The McKinsey Quarterly 2000, number 3 pp. 118 – 127, 2000.
- Martin, James, *The great transition: using the seven disciplines of enterprise engineering to align people, technology, and strategy*, Amacom, New York, 1995, ISBN 0-8144-0315-8.
- Martin, James, *Cybercorp: the new business revolution*, Amacom, New York, 1996, ISBN 0-08144-0351-4.
- Ministeries van OC&W, VROM, V&W en LNV, *Ontwerpen aan Nederland: architectuurbeleid 2001 – 2004*, SDU Uitgevers, Den Haag, 2000, ISBN 90-12-08982-4.
- McDavid, Douglas.W., 'A standard for business architecture description', IBM Systems Journal, vol 38, no 1, pp 12 – 31, 1999.
- Monier-Williams, Monier, *A Sanskrit-English Dictionary*, Motilal Banarsidass Publishers, 1899, ISBN 81-208-0069-9.
- Negroponte, Nicholas, *Being Digital*, Vintage Books, 1996, ISBN 0-679-76837-8.
- Prins, Robert, *Developing business objects: a framework driven approach*, McGraw-Hill, 1996, ISBN 0-07-709294-5.
- Ree, Pieter van der, *Organische architectuur: Mens en natuur als inspiratiebron voor het bouwen*, Uitgeverij Vrij Geestesleven, Zeist, 2000, ISBN 90-6038-484-9.
- Rees, Jaap van, en Pieter Wisse, *De informatie-architect*, Kluwer Bedrijfswetenschappen, 1995, ISBN 90-267-2155-2.

- Rijsenbrij, D.B.B., 'Basisconcepten in systeemontwikkeling', *Informatie*, jaargang 35, nr. 11, blz. 664-678, 1993a.
- Rijsenbrij, D.B.B., *Automatisering: vloek of zegen?*; Inaugurale rede uitgesproken bij de aanvaarding van het bijzonder hoogleraarschap (1993 – 2002) in de bedrijfsinformatica aan de Vrije Universiteit, Lansa Publishing, Leidschedam, 1993b, ISBN 90-71996-83-2.
- Rijsenbrij, Daan, Jaap Schekkerman, Harry Hendrickx, Hans Goedvolk en Jack van 't Wout, 'De Architect', Derde Landelijk Architectuur Congres, Zeist, 2001a.
- Rijsenbrij, Daan, 'Het ware gezicht van architectuur', *Informatie*, November 2001, 2001b.
- Rijsenbrij, Daan en Guus Delen, 'Outsourcing zonder enterprise architectuur lijkt op autorijden zonder veiligheids gordel', Technical Report NIII-R0404, Nijmegen Institute for Computing and Information Sciences, 2004a.
- Rijsenbrij, Daan, Jaap Schekkerman, Harry Hendrickx, *Architectuur, besturingsinstrument voor adaptieve organisaties (de rol van architectuur in het besluitvormingsproces en de vormgeving van de informatievoorziening)*, Lemma; tweede druk, 2004b, ISBN 90-5931-281-3.
- Rosenfeld, Louis & Peter Morville, *Information Architecture for the World Wide Web*, O'Reilly & Associates, 1998, ISBN 1-56592-282-4.
- Sanden, Wim van der en Bart Sturm, *Informatie-architectuur: de infrastructurele benadering*, Panfox, 1997, ISBN 90-801270-2-7.
- Sewell, Marc T. and Laura M. Sewell, *The software Architect's Profession: an introduction*, Prentice Hall, 2002, ISBN 0-13-060796-7.
- Shaw, Mary and David Garlan, *Software architecture: perspectives on an emerging discipline*, Prentice-Hall, 1996, ISBN 0-13-182957-2.
- Shephard, Paul, *What is Architecture: an essay on Landscapes, Buildings and Machines*, The MIT Press, 1999, ISBN 0-262-19341-8.
- Sullivan, Louis H., *The Autobiography of an Idea*, Dover Publications, 1956, origineel gepubliceerd in 1924, ISBN 0-486-20281-X.
- Tanenbaum, Andrew S., *Gestructureerde computerarchitectuur*, Academic Service, 1990, ISBN 90-6233-576-4.
- Theeuwes, J.A.M., *Informatieplanning*, Kluwer, Deventer, 1987, ISBN 90-267-1119-0.
- Truijens, J., A. Oosterhaven, R. Maes, H. Jäger, F. Van Iersel, *Informatie-infrastuctuur: een instrument voor het management*, Kluwer Bedrijfswetenschappen, 1990, ISBN 90-267-1492-0.
- Tzonis, Alexander, Liane Lefaivre, Denis Bilodeau, *Klassieke architectuur; de poëtica van de orde*, SUN, Nijmegen, 1989, ISBN 90-6168-319-X.
- Vermeulen, Erik en Daan Rijsenbrij, *De architect als informatieplanner of als informatieregisseur; wie levert welke architect?*, Tweede Landelijk Architectuurcongres, Amsterdam, 2000.
- Vitruvius, vertaald door Ton Peters, *Handboek bouwkunde*, Athenaeum – Polak & Van Gennep, Amsterdam, 1999, ISBN 90-253-5870-5.
- Weeber, Carel, *Het Wilde Wonen*, Uitgeverij o1o, Rotterdam, 1998, ISBN 90-6450-341-9.

- Weeber, Carel, *Delta Darlings*, 'geen architectuur zonder landschap, het einde van de stedenbouw'; Uittreeredes van Reh, Frieling, Weeber met bijdragen van Barbieri, Coenen, Schrijnen', Zandbelt & van den Berg, Rotterdam, 2003.
- Zee, Han van der, Paul Laagland en Bas Hafkenscheid, *Architectuur als managementinstrument*, Ten Hagen en Stam, 2000, ISBN 90-440-0087-X.