

# Virtuel Byplanlægning

– fremtiden er virtuel, visionær og billig

*Designprocessen for f.eks. arkitekter kan i fremtiden starte virtuelt, hvor alle ser de samme virtuelle billeder af bygninger og er i stand til at ændre på dem som en del af den kreative proces.*

Af Thomas B. Moeslund, Moritz Störring,  
Lars Bodum og Anette Nielsen

■ Forestil dig at du står på en tom byggegrund. Denne byggegrund er din families fremtid. Her vil du bygge jeres nye hjem og her skal I tilbringe mange gode stunder sammen. Du tager dine særlige elektroniske briller på som du fik af ejendomsmægleren før I kørte ud til de udstykkede grunde. Gennem disse briller kan du nu se en 3D-model af jeres fremtidige hjem, placeret på grunden. Du kan gå rundt i huset og kommentere designet og materialerne som er visualiseret. Kommentarerne placeres "på" 3D-modellen og det hele sendes som e-mail tilbage til arkitekten, der kan rette modellen til. Senere kan den endelige model sendes via e-mail til de lokale planlægnings- og byggekontorer, der vurderer modellen i forhold til gældende byggeregulativer. Byggetilladelserne sendes via e-mail og byggeriet kan nu gå i gang. Når huset står færdigt kan du tjekke om byggeriet er udført som forventet, og endelig

lagres modellen for at repræsentere huset i en stor offentlig 3D-kortdatabase.

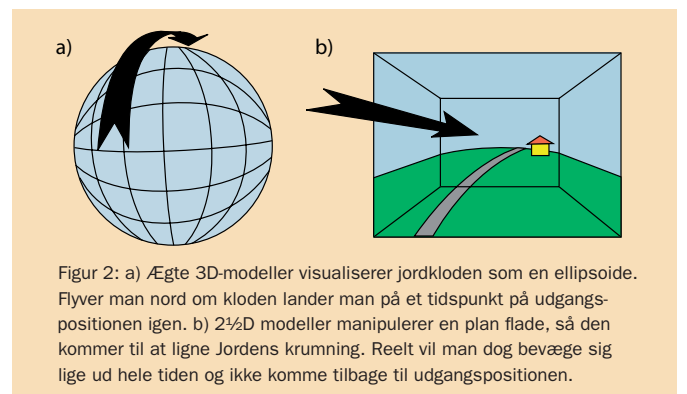
## Virtual Reality i byplanlægningen

I mange år har Virtual Reality (VR) været en dyr og uvedkommende teknologi for de fleste, og en teknologi man har forbundet med science fiction og cyberspace. Hovedparten af udviklingen inden for VR er da også kommet fra universiteterne, militæret og fra de få industrier der har haft overskud til at investere i nye medier, særligt computerspilsbranchen, olie- og bilindustrien.

De seneste år har VR dog for alvor bidt sig fast inden for arkitektur, byplanlægning og i den geografiske branche. Stigende efterspørgsel fra en mere og mere kompleks og digitaliseret verden har sammen med faldende hardwarepriser og lovende forskningsresultater været med til at drive udviklingen. Dermed er det ikke bare



Figur 1: En laserscannet model over Aalborg med luftfoto draperet henover. Det visuelle udtryk bliver let udtværet når man kommer tæt på bygningerne.



Figur 2: a) Ægte 3D-modeller visualiserer jordkloden som en ellipsoide. Flyver man nord om kloden lander man på et tidspunkt på udgangspositionen igen. b) 2½D modeller manipulerer en plan flade, så den kommer til at ligne Jordens krumning. Reelt vil man dog bevæge sig lige ud hele tiden og ikke komme tilbage til udgangspositionen.

muligheden for at håndtere vores fysiske verden, der forbedres, men udviklingen giver os også mulighed for at forstå dens kompleksitet. Følgerne kan blive mærkbare for os alle i fremtiden, for eksempel når den offentlige administration må ændres som følge af ny teknologi som i eksemplet ovenfor.

### Rene visualiseringer

Inden for den geografiske branche anvendes VR i dag først og fremmest som et værktøj til at visualisere byen og dens forandringer, både for interesserede borgere men også for den professionelle arkitekt eller byplanlægger. Visualiseringerne kan blive til en interessant cocktail, der tillader arkitekter at eksperimentere konsekvensløst med virkeligheden i VR og dermed udvide begreberne for byplanlægning. De modeller, der anvendes i dag, baserer sig enten på 3D Computer-Aided Design (CAD) tegninger eller på de såkaldte 2½D modeller.

CAD-modellerne resulterer i nøjagtige og visuelt veludvalgte repræsentationer, der kan indeholde en vis mængde information om bygninger veje m.m. Eneste ulempe er, at visualiseringsprocessen ikke forløber særligt effektivt og kan derfor kun anvendes til at modellere et begrænset geografisk område. 2½D-modellerne består af en højdemodel draperet af et ortofoto (figur 1).

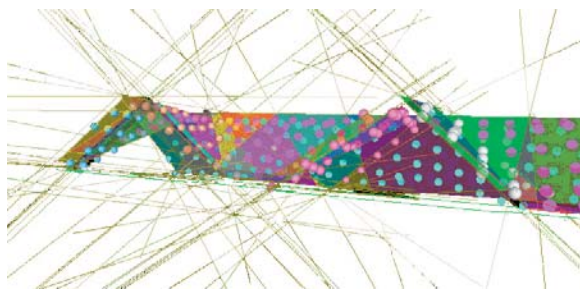
2½D-modellerne visualiserer laserscannede højdemodeller og luftfotos vældigt effektivt og oftest også globalt, men med et mindre godt visuelt resultat og også med begrænset mulighed for at tilknytte information til bygninger og andre landskabselementer. 2½D modellerne regnes ikke for ægte 3D, fordi modellerne kun kan indeholde én værdi for højden, dvs. at man ikke kan bevæge sig under en bro eller gennem en tunnel ligesom i den virkelige verden. Når man snakker rene visualiseringer findes der altså i dag gode muligheder for at lave modeller, der enten er nøjagtige eller globalt dækkende, men knap så gode muligheder, når det drejer



Figur 3: Et skærmdump taget over Aalborg, udfra 3DGI's platform, Griffinor. Systemet er bygget til at kunne håndtere og visualisere store mængder oplysninger om byen.

### Automatisk objekt-generering

Griffinor er skabt til dække store geografiske områder. Derfor vil det være onsdigt manuelt at skulle tegne alle landskabets objekter op i et 3D CAD tegneprogram og derefter eksportere det ind i 3D landskabet, hvilket er den mest almindelige procedure i de fleste af nutidens 3D-modeller. Derfor er der i Griffinor anvendt automatisk generering af landskabets objekter. Ud fra laserscanninger og luftfotos kan man finde frem til landskabets elementer og automatisk genskabe dem som en virtuel model af virkeligheden. I byområderne er det først og fremmest husenes tagkonstruktioner der er interessante at genskabe, således at bygninger kan modelleres. Veje, vegetation og lignende kan også konstrueres på denne måde. Hvert genskabt objekt tilknyttes deres rette geografiske positioner og deres attributter (vinduer, døre, ledninger, rør m.m.), som lagres i en database hvorfra de kan hentes frem til visualisering på en skærm. Griffinor



Taget på en bygning rekonstrueres automatisk udfra laserscannede data. Kuglerne symboliserer en laserscannet måling foretaget med 1 meters mellemrum. De farvede flader er det resulterende estimat af tagkonstruktionens forskellige flader. Det færdige tag ekstrapoleres til sidst op i husets højde.

kan genskabe 85% af Aalborgs bygninger fuldautomatisk (figur 3). For at få alle bygninger genskabt korrekt må der altså et vist element af manuelt arbejde til, i hvert fald indtil der engang bliver udført tættere laserscanninger over byen der kan forbedre succesraten. På figur 3 symboliserer alle kuglerne en laserscannet måling foretaget med 1 meters mellemrum på en tagflade i Aalborg.

Flader og kanter beregnes ud fra disse målinger og tagkonstruktionen rekonstrueres dermed automatisk. Tagkonstruktionen sammensættes med digitale oplysninger om husets udbredelse på jordoverfladen, husets footprint. Denne udbredelse ekstrapoleres op i husets højde, som er kendt fra laserscanningen.



Figur 4: En 2½D model fra Hammel Kommune, indeholdende information om nye grundudstyknings samt henvisninger til lokalområdet. Informationerne aktiveres ved hjælp af musen.

sig om at håndtere 3D-data for at analysere, udvælge eller sammenstille dem.

### Multivariate modeller

I den nærmeste fremtid forventes udviklingen af 3D-systemer at være nået dertil, hvor 3D-modellerne snarere er skabt til at håndtere, udvælge og analysere store datamængder tilknyttet byens elementer, frem for til ren visualisering. I dag ligger information om for eksempel ejerforhold, kloakker, vand- og el-ledninger, spredt rundt omkring i offentlige og private instanser. Disse data findes enten analogt, men efterhånden mest som digitaliseret 2D-information. Fordelene ved at konvertere dem til 3D er at, rør og ledningers placering vil

kunne angives nøjagtigt i højden og under jordoverfladen, f.eks. i etagebyggeri og under en projektering. Eksempler på tilknyttet information til byen kan også være simuleringer af støj eller trafik, hvor konsekvenserne af for eksempel nye vejanlæg kan anslås samt demografiske analyser af befolkningen i et område. I princippet er det egentlig kun fantasien, der sætter grænser for, hvilken information der kan tilknyttes byens geografiske objekter. Helt overordnet kan man sige, at vi inden for den geografiske VR-branchen bevæger os fra ren visualisering til en situation, hvor vi kan udvælge og sammensætte mangeartede information om byen, og hvor visualiseringen snarere bliver slutresultatet af

denne proces.

Den type modeller kaldes multivariate modeller. Det er disse nyeste aspekter af udviklingen, som Videnscentret for 3D GeoInformation (3DGI) på Aalborg Universitet arbejder med. Formålet med 3DGI er at opbygge en ny platform, *Grifinor*, der både kan visualisere samt håndtere store mængder af geografisk ægte 3D-information på et globalt niveau. Systemet er p.t. klar med en prototype over Aalborg By (figur 3).

### Demokratisering af data

En multivariat visualisering har naturligvis stor interesse for arkitekter og for byggeindustrien, men også mange andre interessegrupper og private kan være interesserede i udvalgte datatyper. At anvende 2½-3D giver ikke mindst den store fordel, at visualiseringen er intuitivt tilgængelig for flere forskellige brugergrupper, fordi den ligner den virkelige verden så meget, at data lettere kan fortolkes. Dernæst kan i princippet alle få adgang til disse data, idet det er muligt at køre dem over internettet. Som borger kan man dermed sidde hjemme og følge med i en lokalplan, som politikere og planlæggere arbejder på (figur 4). Denne demokratisering ses fra de flestes hold som et velkomment indslag i et moderne samfund, mens det naturligvis også er muligt at begrænse adgangen til private eller økonomisk følsomme data.

### Arkitekter om det runde bord

Inden for VR arbejdes der ikke bare med systemer, databaser og visualiseringer, men også med brugerens interaktion med data. Det er ARTHUR-projektet et godt eksempel på. ARTHUR står for Augmented Round Table for Architecture and Urban Planning, og er et fælles-europæisk forsknings- og udviklingsprojekt, der i Danmark har deltagelse af Laboratoriet for Computer Vision og Medie Teknologi på Aalborg Universitet (nabo til 3DGI). I dette projekt udvikles og testes interaktionen med bymodeller ved at



Figur 5. Placeholder objekt princip.

følge to arkitektfirmaer i deres normale arbejdsgang.

Når arkitekter mødes for at diskutere et nyt design til en bygning eller et område foregår dette tit rundt om et stort bord. Her studerer de skitser eller tredimensionale skummodeller af den bygning eller bydel, som skal designes, og bruger hvad, der nu er for hånden til at markere placeringen af bygningerne og rummene i forhold til hinanden. Det er helt almindeligt, at den første idé til et område er vist ikke bare med skitser, men også med lightere og papirclips.

ARTHUR-projektet gør det muligt, at designprocessen i fremtiden kan starte virtuelt, hvor alle arkitekterne har adgang til at se de samme virtuelle billeder af bygninger, der rent faktisk ligner bygninger, og hvor de alle sammen kan være med til at ændre på dem.

Et nøglebegreb i denne forbindelse er de såkaldte placeholders objekter (PHO) (figur 5). Det er de objekter, man bruger til at markere placeringen af f.eks. en bygning eller en parkeringsplads – dvs. alt det, man i dag markerer med lightere, blyanter og papirclips. For arkitekterne er princippet som det bruges i dag fint til at give et groft overblik over en simpel idé, men ved

## Augmented Reality

Modsat virtual reality, som er en 100% computer genereret verden, så er augmented reality (AR) en blanding af både den virkelige verden og en computergenereret. Fokus for AR er normalt på den virkelige verden som så er tilføjet noget computergrafik. AR er en relativ ny disciplin, men har allerede fundet brug mange steder. F.eks. i Hollywoodfilm, hvor mange af scenerne – i specielt actionfilm – er tilføjet noget computergrafik. Gode eksempler er dinosaurerne i Jurassic Park og Gollum i Ringenes Herre filmene. AR bruges også i sportsudsendelser, hvor TV-billederne ofte er tilføjet computergrafik for at gøre det lettere for seerne at følge med – f.eks. i fodbold, hvor der i forbindelse med frispark vises en cirkel med centrum i bolden. Radius af cirklen angiver, hvor langt væk modstanderne mindst skal være. Forskning inden for AR foregår på mange fronter, hvor ARTHUR-systemet blot er en retning.



Figur 6: To mødedeltagere under projekteringen af det nye gigantiske erhvervsbyggeri "Swiss Re" i London. Personen til venstre er i gang med at forandre formen af den røde bygning ved hjælp af pegepinden. Billedet viser det en tredje mødedeltager ser gennem sine specielle "briller" – dvs. den virtuelle by model og de virkelige personer. Baggrundsbillede: Den nu opførte bygning i London ses i midten.



mere komplicerede projekter er der stor sandsynlighed for, at den enkelte arkitekt (eller kunde) har deres egen forestilling om, hvad lighteren præcis repræsenterer, hvilket hurtigt kan føre til misforståelser. For at undgå disse misforståelser – og give kunden en bedre ide om bygningen – laver man i dag ofte 3D-modeller af polystyreneskum, når man er længere fremme i designprocessen. Normalt er én model ikke nok, for når man først ser bygningen kommer der ofte nye idéer på bordet, og det kan tage en del modeller, før alt er på plads. Fremstillingen af plastmodellerne er desværre både tidskrævende og dyrt – de skal simpelthen skæres ud af en skumblok. Grundtanken i ARTHUR er at man i stedet skal kunne "se" det færdige projekt virtuelt og samtidig let kunne ændre på det. Dermed vil behovet for en model, man kan holde i hånden være meget mindre, og mulighe-

derne for at ændre og tænke nyt vil blive langt større.

#### Verdener blandes

I ARTHUR-systemet kan arkitekter som hidtil holde deres møder omkring et bord, men samtidig ved hjælp af placeholder-objekter kan de konstruere og ændre virtuelle 3D-modeller. Mødets deltagere har et par særlige halv-gennemsigtige briller med en lille skærm foran hvert øje, så man ser det, der vises på skærmen, samtidigt med det der foregår i virkelighedens møderum (figur 6). Med almindelig virtual reality er hver mand i sin egen verden uden mulighed for kommunikation, men med ARTHUR kan man rent faktisk se, hvordan kollegerne reagerer på nye forslag eller på, at man f.eks. ødelægger en andens udkast. Det, at man ser både den virkelige verden (møderummet) og samtidig den virtuelle (bymodellen og dens ændringsforslag),

kaldes Augmented Reality.

ARTHUR-systemet visualiserer den virtuelle model i stereo, således at modellen opleves som en rumlig 3D-model med dybde. Stereoeffekten opnås ved at vise to lidt forskudte billeder på de to skærme foran øjnene således, at man får en dybdefornemmelse. Man kan bevæge sig rundt og se bygningsobjekterne fra forskellige synsvinkler, fordi systemet hele tiden ved, hvor mødedeltageren befinder sig og i hvilken retning, han kikker. Dette muliggøres med en såkaldt "head-tracker". Ud fra informationen fra head-trackeren, beregnes der hele tiden hvilke nye billeder, der skal vises i mødedeltagerens display for at skabe en 3D-model set fra den synsvinkel, mødedeltagerne har netop nu. Når brugeren ser på et PHO vil kamera monteret på brugeren (se figur 6) genkende dette PHO og på displayet erstatte PHO med det virtuelle object det er associeret

til. I figur 5 vil man f.eks. se en guitarspiller hvergang man kigger på koppen.

#### At flytte virtuelle objekter

Når arkitekterne mødes og udvikler modellerne omkring et bord og ikke foran computeren, er det meget vigtigt, hvordan man kan kommunikere og interagere med systemet. Det filmer og aflæser, hvad der sker på bordet i den virkelige verden, og omdanner disse informationer til ændringer i den virtuelle model.

I ARTHUR-systemet er der nu udviklet hele tre måder at vekselvirke på, som hverken kræver tastatur eller mus. En måde er at bruge en slags 3D-pegepind, hvormed man kan udvælge et virtuelt objekt og f.eks. forandre dets position eller størrelse. En anden måde er at bruge små brikker, der ligger på bordet (placeholder objekter). Disse kan bevæges lige som en mus, men ud

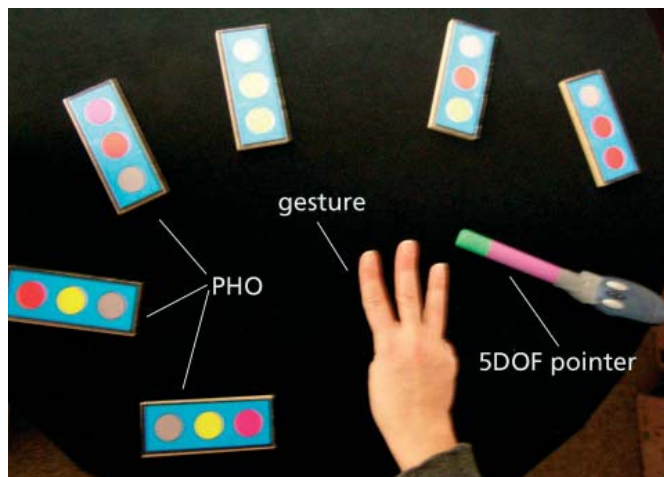
## Computer Vision

Computer Vision er computerens version af det menneskelige visuelle system, som omfatter menneskets evne til dels at se og dels at forstå det, der ses. Meget forskning har gennem årene ført til en god forståelse af, hvordan det menneskelige øje fungerer, men derimod ved ingen helt præcist, hvordan vi mennesker er i stand til at fortolke og forstå det, vi ser – altså de processer, der foregår i hjernen. Det til trods har forskning inden for computer Vision ført til udvikling af mange teknikker, som kan gøre computeren i stand til selv at forstå det, den "ser". Et simpelt men velkendt eksempel er flaskeautomater, som automatisk kan genkende f.eks. om den ølkasse, man præsenterer den for, er af mærket Carlsberg eller Albani.

Der er mange måder, hvorpå en computer kan lave genkendelse ud fra billeder. Den kan f.eks. søge efter formen, mønstre, farver m.m. I ARTHUR-systemet gennemses billedet for sammenhængende runde områder, der består af bestemte farver. Hvert fundet område bliver husket sammen med dets position i billedet. Efter hele billedet er søgt i gennem bliver objekterne genkendt efter deres farvekombination. Hvis der er f.eks. en rød, gul og grå cirkel i denne rækkefølge, så ved systemet, at det er objekt nummer et. Den gule cirkel bliver brugt som positionen af objektet, mens retningen er udregnet ud fra den linie, som skærer de

over positionen har disse også en retning eller orientering, og der kan bruges mange objekter samtidigt. Endelig er en tredje måde at bruge håndbevægelser, hvor systemet skal genkende det antal fingre som en mødedeltager viser. Dette kan bruges til forskellige kommandoer i lighed med genveje i et tekstbehandlingssystem.

Netop "interaktionsmulighederne" i ARTHUR er den del af projektet, som Aalborg Universitet er ansvarlig for. For at gøre det mest uforstyrrende for brugeren sker genkendelse af pegepind, håndbevægelser, og placeholder-objekter ved hjælp



Kamerabillede, som bliver brugt for observering af pegepind (5DOF pointer), placeholder-objekter, og håndbevægelser (gesture).



Kamerabilledet efter processing, hvor fingrene, placeholder objekt og pegepind er blevet genkendt.

tre farvecirkler. Dette giver så 3 parametre, som kan bruges til at styre et virtuelt objekt med:

den vandrette position, den lodrette position, samt orienteringen af objektet.

af Computer Vision, dvs. ved, at ARTHUR-systemet tilføjes et antal kameraer, som "holder øje med" mødedeltagerne og automatisk fortolker, hvad de gør. Disse kameraer er dels monteret på brugerens "briller" og dels i loftet over mødebordet.

### Byplanlægning og fremtiden

Både de nye bymodeller og de nye visualiserings- og interaktionsmuligheder, der er blevet mere fremtrædende de seneste år, byder på helt nye og meget anderledes muligheder end vi hidtil har set. Set i en overordnet sammenhæng er Grifinor

og ARTHUR blot eksempler på mulighederne. VR-forskningen i sin helhed muliggør en lang række visualiserings-, samarbejds-, demokratiserings- og kommunikationsværktøjer, der kan være med til at udvikle vores byer og planlægningen af disse med respekt for menneskets kognitive muligheder og begrænsninger. VR-forskningens muligheder strækker sig desuden langt ind over andre områder som f.eks. lægevidenskab, sikkerheds- og katastrofeberedskab og meget andet. Og alt dette vel at mærke til en stadigt og drastisk faldende pris, sammenlignet med bare for få år siden. ■

### Om forfatterne



Thomas B. Moeslund er lektor  
E-mail: [tbm@cvmt.aau.dk](mailto:tbm@cvmt.aau.dk)  
Tlf.: 9635 8787



Moritz Störring er adjunkt?  
E-mail: [mst@cvmt.dk](mailto:mst@cvmt.dk)  
Begge er tilknyttet  
Computer Vision and Media  
Technology Laboratory,  
Aalborg Universitet



Lars Bodum er landinspektør,  
ph.d., lektor ved  
Institut for Samfundsudvikling  
og Planlægning  
Aalborg Universitet  
E-mail: [lbo@3dgi.dk](mailto:lbo@3dgi.dk)  
Tlf.: 9635 8078



Anette Nielsen er cand. scient.,  
ph.d.-studerende ved  
Centre for 3D GeoInformation,  
Niels Jernes Vej 14,  
9220 Aalborg  
Tlf.: 2712 2125  
e-mail: [ante@3dgi.dk](mailto:ante@3dgi.dk)

**Yderlige information:**  
[www.3dgi.dk](http://www.3dgi.dk)  
[www.cvmt.dk](http://www.cvmt.dk)  
[www.vrmedialab.dk](http://www.vrmedialab.dk)

Læs mere.....!