

# VRMLBoco: Virtuella bokmärken

Aramis Waernbaum

Informatik

Umeå

Sweden

+46 090 124227

friv9930@informatik.umu.se

## SAMMANDRAG

Detta PM behandlar programmet VRMLBoco, som utifrån bokmärkesstruktur skapar en tredimensionell virtuell värld i programspråket VRML. Programmet är mer inspirerat av tidigare forskning, än baserad på tidigare forskning. Den virtuella värld som skapas, skall möjliggöra en tidseffektiv åtkomst av bokmärken. Användartest på programmet har visat att så också kan vara fallet, om användaren sedan tidigare har erfarenhet av tredimensionell navigering, samt att användaren tar ett eget initiativ till att hitta genvägar. Detta PM inbegriper inte en utvärdering gentemot det traditionella sättet att hantera bokmärken i webbläsare.

## Nyckelord

Informations visualisering, bokmärken, trädstrukturer, VRML.

## INTRODUKTION

Trots att det inte var länge sedan den första datorn byggdes, har datorerna haft en enorm genomslags kraft i samhället. Datoranvändningen är inte längre begränsad till en enda grupp av människor, utan datorn kommer till användning i en rad olika sammanhang. Detta ställer stora krav på hård- och mjukvarvutvecklare. Ett viktigt område är det sättet vi programmerar datorn till att åskådliggöra information.

Informations visualisering är ett brett forskningsområde och jag har i detta PM fokuserat på tredimensionell visualisering. Ett program som jag skrivit i Java har fått stå i centrum för arbetet. Detta program finns publicerat på följande adress:

<http://www.acc.umu.se/~aramisw/VRMLBoco/>

Jag har inte inkluderat hemsidan i användbarhetstestet, utan endast den värld som programmet skapar.

## INFORMATIONERS VISUALISERING

Informations visualisering är ett förhållandevis nytt forskningsområde, i datorvärlden. Begreppet inbegriper två aspekter: strukturell modulering och grafisk representation.

Strukturell modulering är hur information struktureras och grafisk representation är hur denna struktur presenteras[1]. Tanken är att en god visualisering av information, skapar nya möjligheter för interaktion och därigenom en högre nivå av användbarhet[1,2]. Frågan är bara hur en 'god' design, skapas. Jag har inte hittat några 'guidelines' för hur man som designer, skall gå tillväga för att visualisera information, tredimensionellt. När jag gjort efterforskningar på internet och tagit del av litteratur och artiklar som skrivits på området, har jag dock sett att det finns mycket kunskap på området. Kunskap som bl.a. visar på problem som uppstår vid denna typ av design, men även idéer om hur dessa problem skall hanteras. Jag kommer i detta PM endast mycket kort ta upp dessa svårigheter och endast de som jag finner har en stor relevans för min egen studie.

## Trädstrukturer

En vanligt förekommande struktur är den hierarkiska trädstrukturen[3]. Detta är ett sätt att ordna information på, som vi finner i t.ex. skrivbords miljön. I skrivbords miljön skapar användaren folders och i dessa folders kan användaren sedan arkivera dokument av olika slag. Det finurliga med en folder är att den förutom dokument kan innehålla nya folders, som i sin tur kan leda vidare till nya folders. Det finns med andra ord inget givet 'slut' på en trädstruktur.

## Kontext+fokus

Ett område inom informations visualiserings forskningen, behandlar kontext och fokus. Tanken är den att designen blir mer användbar ifall användaren inte förlorar fokus, på bekostnad av kontexten och tvärtom[4]. Jag skall nu gå igenom två visualiserings tekniker för att belysa en del av den problematik som detta är förknippat med.

Ett sätt att grafiskt representera trädstrukturer på, är genom att låta varje folder, för att använda sig av skrivbords exemplet, representeras av en så kallad nod. Förhållandet mellan denna nod och andra eventuella noder åskådliggörs genom linjer[4].

Ett annat sätt är att visualisera folders, är genom att skapa ett avståndsförhållande mellan noder. Noder som har en nära relation kommer således att ligga nära varandra och noder med en kallare relation, längre ifrån varandra. Denna teknik kallas för gruppering.[1]

Vad gäller den första tekniken har studier visat att denna teknik fungerar bäst på små informations mängder. Vid ett stort antal noder blir bilden grötig och detaljer svåra att urskilja[4,5]. Ett försök att komma tillrätta med detta problem, är genom att införa ett förstoringsglas. Denna funktion låter användaren ta del av detaljerna, utan att för den del förlora den övergripande kontexten[4].

Grupperings tekniken å andra sidan, utnyttjar just det faktum att detaljer flyter ihop, när stora informations mängder skall presenteras på en begränsad yta. Idén här, är att det skall bli lättare för användaren att utifrån en enorm datamängd, zooma in till just den lilla del av informationen som användaren söker efter[1]. Även här används med andra ord en slags förstoringsglas, för att urskilja detaljerna.

I de båda två exemplen ovan har jag mycket kort nämnt förstoringsglas funktionen och zoomnings tekniken. Dessa båda funktion innebär mycket mer än att endast föra fram detaljer i en kontext. De innebär även att vi inför en interaktivitet, ett samspel mellan designen och användaren. Användaren medverkar alltså i hur informationen skall presenteras. Detta kan vid första anblick, framstå som något självklart, men föreställ dig att möjligheten inte fans!

## VRML

Programspråk har utvecklats, som är förhållandevis lätta att lära sig och kraftfulla nog att skapa virtuella miljöer som linkar den virtual reality (VR), vi är van vid att se på Tv. Detta är miljöer där användaren kan färdas, som om genom en fysiska rymd, och interagera med de virtuella objekt och egenskaper som världen har att erbjuda. Detta innebär nya möjligheter för informations visualisering. Ett sådant språk är Virtual Reality Modelling Language (VRML).

## INTRODUKTION TILL VRMLBOCO

Idén till VRMLBoco fick jag, då jag fick se den VRML värld som Andreas Lund, på Umeå universitet, har utvecklat. Lunds värld är, precis som min, en form av tredimensionell representation av bokmärken. Lund representerar bokmärkenas förhållanden till varandra, med bl.a. en form av gruppering.

Inspirerad av Lunds arbete påbörjade jag arbetet med att skapa en virtuell miljö, som förhoppningsvis inte

helt skulle slås i spillror av de problem som jag tagit upp tidigare i detta PM. De föredelar som finns med att visualisera information och de problem som finns förknippade med detta, upplevde jag som utmaningen jag beslöt mig för att göra en min egen visualisering av bokmärken.

Jag saknar tidigare erfarenheter på området, och min fantasi har därför fått agera som huvudsaklig motor i arbetet.

## VRMLBoco

VRML Bookmark Converter (VRMLBoco) är ett program som översätter bokmärken till VRML och skapar en tredimensionell miljö kring dessa bokmärken, möjlig för användaren att navigera i. Den värld som VRMLBoco skapar, är ett landskap av stora kuber som svävar tillsynes obekymrade av gravitation, i ett gigantisk kvadratisk utrymme (bild 1).



Bild 1

Varje kub är en nod och representerar en folder. På vissa av kuberna finns det två stycken genomskinliga murar (bild 3). På den ena muren representeras eventuella bokmärken och den andra innehåller länkar som leder användaren vidare till andra noder, dvs folders. Som användare kan man röra sig fritt mellan kuberna, men det går även att utnyttja den förprogrammerade funktionen i designen. Denna funktion förflyttar automatiskt användaren, till en förutbestämd adress och användaren behöver inte leta efter en speciell folder, användaren hamnar där automatiskt. När användaren har hittat vad han eller hon söker efter, lämnar användaren världen genom att med musen klicka på den utvalda webblänken.

## TEKNISK BESKRIVNING AV VRMLBOCO

Att göra bokmärken är en funktion som finns hos de flesta webbläsare. Bokmärken är en teknisk funktion i dessa webbläsare, som låter användaren vika sina egna hundron

på webb sidor. I Netscape Communicator 4.7 så sparas dessa hundöron i en fil som heter bookmark.htm. Bokmärkena sparas i denna fil, i en form av trädstruktur, och åskådliggörs, precis som i skrivbords miljön, genom foldrar som innehåller själv bokmärkena eller nya foldrar. Detta är denna form av att spara bokmärken, som jag har utgått ifrån i mitt arbete.

### Metafor

Hur ser en virtuell värld ut? Med hänsyn till spatia faktorer och självklart programspråkets begränsningar, kan världen egentligen se ut på vilket sätt som helst! I och med denna stora frihet var jag tvungen att själv formulera de ramar som skulle ge mig det nödvändiga fundamentet. Vid detta tillfälle visste jag nämligen inte hur den färdiga designen skulle se ut och jag sökte en vision[2]. Detta gjorde jag genom att leta efter en metafor, att utgå ifrån i mitt arbete. Det största problemet som jag då såg, var att stora informations mängder gör det svårt för användaren att se detaljerna. Detta ville jag undvika, men inte på bekostnad av att begränsa användarens möjligheter till att överblicka strukturen i sin helhet.

Metaforen som jag arbetat utifrån är en sluttning där bokmärkena ligger utspridda på små avsatser och där trädstrukturen är som vatten som rinner ner för sluttningen. Jag liknar världen vid en bergsluttning (bild 2).

Jag skall nu redovisa för hur jag gick tillväga då jag valde metafor. Jag skall även visa på några av de idéer jag haft men som jag förkastade. Detta då jag hoppas på att dessa idéer belyser problem som uppkommer vid visualisering av information.

Inspirerad av idén med landmärken, utgångspunkter som användaren kan använda sig av vid navigation, var mitt första design förslag att lägga bokmärkena i olika högar, i ett landskap[1]. Svårigheten med denna teknik var att på ett tydligt sätt åskådliggöra foldrarnas inbördes relation. Jag har inget användbarhets test som backar upp detta påstående och kan inte heller referera till någon tidigare forskning, men jag kände vid det tillfället, att själva informations strukturen gick förlorad och att jag dessutom inte utnyttjade den tredje dimensionen till fullo. Med denna fundering som utgångspunkt, studerade jag tekniker, som jag ansåg, använde sig i en större grad av den tredje dimensionen, för att möjliggöra representation av förhållanden mellan noder. Det finns många exempel på sådana tekniker, men jag fastnade främst för Tamara Munzers, H3 layout teknik[6]. H3 arrangerar noder genom att placera dessa i längd, bredd och höjd på ett sätt som resulterar i att informationen ser ut som om att utgå från ett centrum och sträcka sig ut mot ett sfärisk format skal.

Utgångspunkten för användaren är enligt detta representations sett, en utomstående betraktare som tittar på ett objekt som består av ett antal, genom linjer, förknippade

noder. Jag tittade på de bilder som H3 genererar, och konstaterade att vissa av noderna skymde varandra på grund av den sfäriska formen, vilket ledde till svårighet att urskilja enstaka detaljer. Jag konstaterade att jag upplevde denna design som bättre på att presentera helheten än detaljerna. Den som söker efter bokmärken söker inte helheten utan specifika bokmärken och därför bestämde jag mig för att min design skulle sträva mot att föra in användaren i världen, närmre detaljerna. Men å andra sidan, ifall användaren placerade mitt i t.ex. en H3 värld av bokmärken, skulle detta inte leda till diorientering? Leder detta inte till att användaren måste svänga runt sin egen axel i flera olika riktningar, bara för att orientera sig om valmöjligheterna? Jag kan inte säga något säkert om detta, men jag valde att i min design begränsa spridningen av noderna av just detta själ.

Detta var mina tankar då jag skapade bergsluttnings metaforen. Hade jag haft längre tid på mig, hade jag gjort undersökningar istället för antagande vad gäller mina slutsatser om de tekniker som jag har redogjort för här. Det sätt att placera noderna på, som jag slutligen kom fram till har jag valt att kalla för sluttande tredimensionell trädstruktur.

### Konstruktionens egenskaper

För att bevara den struktur som fanns hos bokmärkena, i filen bookmark.htm, valde jag att placera dem i trädstruktur. Varje ny nivå placerade jag dock ett steg längre ner i djupled, på detta sätt försökte jag skapa en känsla av att stå på en bergsluttning.

För att motverka en kognitiv överbelastning, har jag skapat en funktion där användaren själv väljer täthet av detaljer i världen, genom att förändra ljusbilden. På detta vis skapas en anonymitet för de noder som inte är intressanta för användaren.

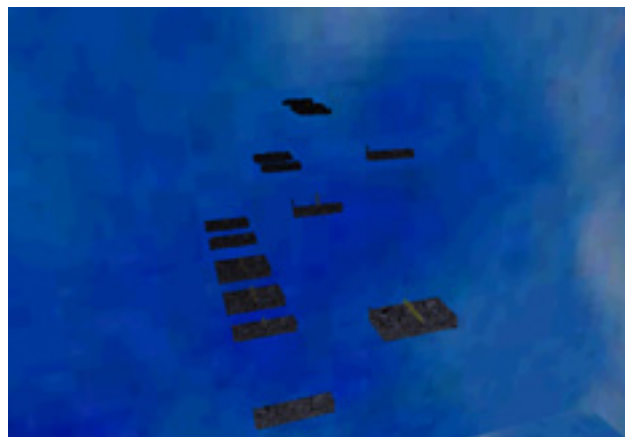


Bild 2

På varje avsats (nod, folder) så finns det två fält (bild 3). På det ena fältet hittar användaren länkar som leder vidare till underliggande avsatser och i det andra fältet, bokmärken. Genom att placera länkar som ledde vidare till nya avsatser, ville jag skapa ett enkelt sätt för användaren att navigera till avsatt adress, istället för att användaren skulle behöva ägna tid och koncentration för att röra sig manuellt genom världen. Fälten kan justeras i djup efter användarens önskemål och det medför att fälten syns tydligare.

Genom att länkarna läggs ovan på varandra kommer avsatser med många länkar alltså att ha höga fält och tvärt om (bild 3).

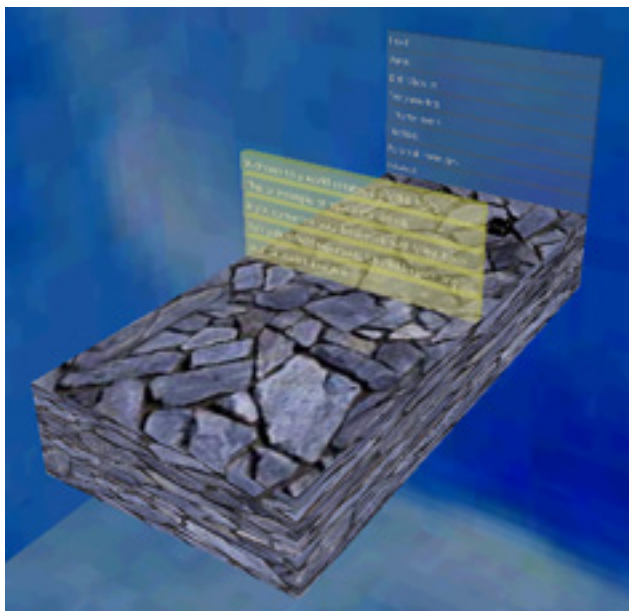


Bild 3

Tanken är att åskådliggöra informations mängden, på ett sätt som ger underlag för beslut hos användaren, som sker med underlag i statistisk data. Genom att göra dessa fält transparenta, hoppades jag att det skulle underlätta för användaren att få grepp om den enskilda avsatsen (bild 4).

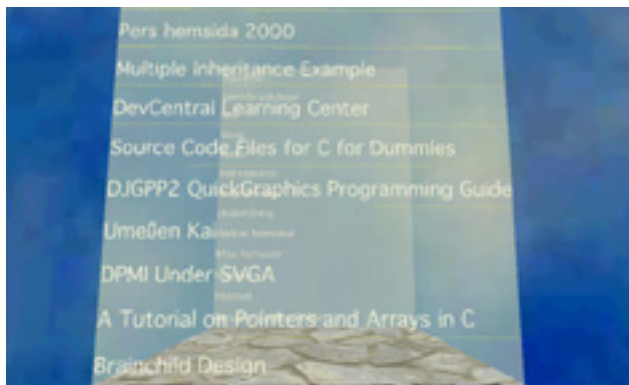


Bild 4

Dessutom skulle detta även inge känslan av det är möjligt att röra sig, genom fälten.

Genom en kartfunktion kan användaren förflytta sig till en punkt ovanför avsatserna (bild 5). Genom denna funktion får användaren en form av fågelperspektiv över hela strukturen. Genom denna funktion så hoppas jag att fånga kontexten i vilken användaren rör sig. I skrivande stund finns det dock en mycket vital brist i programmet. När användaren rör sig ifrån avsatsen till fågelperspektiv, finns det nämligen inget sätt för användaren att säkert veta exakt vilken avsats som användaren kommer ifrån. Denna funktion har jag helt enkelt inte haft tid att programmera, men min tanke är att illustrera detta genom att den aktuella avsatsen har en ring omkring sig, eller lyser i en uppseende väckande färg.



Bild 5

### Algoritmen

Jag har inte använd mig av någon tidigare forskning eller metodik för utformandet av algoritmen och har därför skapat en algoritm på egen hand. Att denna algoritm redan har upfunnits av någon är mycket möjligt, men ifall så är fallet vet jag inte. Det bör även nämnas att min presentation av algoritmen här, är en förenkling av den algoritm som är implementerade i programmet. VRMLBoco tar nämligen även hänsyn till faktorer så som hur långa namn som bokmärkena har och avstånd mellan avsatserna. Detta är dock alltför komplicerat för att beskriva här och jag nöjer mig att redogöra för själva principen.

VRMLBoco är programmerade för att konvertera den HTML kod som Netscape Communicator 4.7 genererar i filen bookmark.htm. VRMLBoco utnyttjar den inneboende strukturen i den filen och översättningen av strukturen till en slutande tredimensionell trädstruktur, går till på följande sätt. Med utgångspunkt ifrån en antagen huvudfolder, 1, arrangeras alla foldrar genom att läsa trädstrukturen på det sätt som den är skapad i bookmark.htm. Programmet räknar sedan ut respektive folders Y-värde, utifrån dess placering. Y representerar höjden i rummet och z djupet. X är bredden i rummet. Foldern som symboliseras med en 2 i bilden nedan, ligger således på nivå fyra och har Y-värdet 4 (bild 6). Z-värdet räknas sedan ut ifrån vilket Y-värde som foldern har. X-

värdet är lite mer komplicerat och räknas ut i två steg. I det första steget är folderns X-värdet det sammanlagda värdet av de tidigare uträknade foldrarnas X-värde. Symbol nummer 2 har följaktligen X-värdet 4 och symbol 3, 14. Strukturen har vid detta skedde följande utseende:

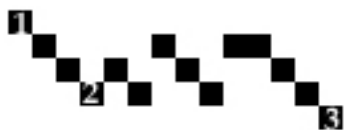


Bild 6

Nästa steg är ett arbete ifrån botten och upp genom strukturen. Vid varje nivå isoleras de olika familjerna och genom att utvinna syster foldrarnas genomsnittliga X-värde ges deras förälders nya X-värde. Följande form av struktur erhålls då (bild 7):



Bild 7

### ANVÄNDBARHETS UTVÄRDERING

I min utvärdering av designen har jag gjort ett antal tester, där jag mätt hur många sekunder det tar för användaren att trycka på en förutbestämd länk.

De mätningar jag har gjort motsvarar dock inte en verklig situation, i den mening att jag i en viss utsträckning hjälpte informanten vid vägval mellan avsatser (foldrar). Men detta har inte heller varit min tanke. Det jag ville få fram i testet var framförallt informantens sätt att lösa de problem som informanten ställdes inför och inte ifall informanten förstod min personliga bokmärkesstruktur och ledtexterna. Detta är faktorer som är unika för varje bokmärkesstruktur.

I utvärderingen av designen har jag använd mig av fem stycken informanter. Informanterna är i åldrarna 23 till 52, två är av kvinnligt kön. Mitt urval av informanter har skett främst på basis av erfarenhet av webben och erfarenhet av bokmärken.

Utvärderingarna skedde under informella förhållanden och under så lika mätförhållanden, som möjligt. Alla utvärderingar skedde alltså med samma dator och i samma virtuella värld. Utvärderingarna skedde individuellt.

Nr	Ålder	Kön	Informanter		
			Använder	webben antal timmar i mån	bokmärken
1	52	K	1	Aldrig	Ingen alls
2	55	M	5	Sällan	Ingen alls
3	29	K	10	Vanligtvis	Ingen alls
4	23	M	32	Sällan	Stor erfarenhet av 3d-spel
5	27	M	100	Alltid	Stor erfarenhet av 3d-spel

Innan själva mätningen gjordes fick informanten prova på att navigera omkring i världen. Detta för att få bekanta sig med navigations verktygen och världen. Mätningarna utfördes i två omgångar, med vardera fem försök. Första omgången mättes hur snabbt det gick för användaren att klicka på den givna länken. I detta fall fanns länken synlig redan vid starten och det krävdes inte mer än ett endast tryck med musknappen för att aktivera länken.

I det andra fallet var användaren tvungen att röra sig igenom världen, för att synliggöra och därmed möjliggöra aktivering av länken. I det andra fallet visade jag informanten innan mätningen, hur informanten kunde använda sig av de automatiska förflyttning länkarna, för att ta sig till den givna länken.

Efter mätningen ställde jag ett antal frågor till informanten om hur han eller hon uppfattat designen och ifall informanten hade några idéer till förbättringar. Nu följer en tabell över de resultat utvann under undersökningen. Jag har även skrivit en liten kommentar kring varje mätning, som jag hänvisar till senare detta PM.

### Sammanställning av mätningar

#### Omgång 1: Mätning av länk aktivering, där länken är synlig .

Informant nr	Försök nr	Träff tid i sek	Kommentar
1	1	34	Försökte orientera sig närmare till länken genom att <u>röra sig</u> .
	2	9	Utan att röra sig.
	3	6	Utan att röra sig.
	4	3	Utan att röra sig.
	5	1	Utan att röra sig.
2	1	8	Rörde sig.
	2	3	Rörde sig.
	3	3	Rörde sig.
	4	1,5	Utan att röra sig.
3	5	1	Utan att röra sig.
	1	3	Rörde sig.
	2	1	Utan att röra sig.
4	1	1	Utan att röra sig.
	5	1	Rörde sig.
5	1	5	Rörde sig.
	2	1	Rörde sig.
	3	1	Utan att röra sig.

## Omgång 2: Mätning av länkaktivering, där länken inte är synlig.

Informant nr	Försök nr	Träff tid i sek	Kommentar
1	1	50	Rörde sig. Osäkerhet efter 30 sek.
	2	-	Tryckte fel länk efter 35 sek.
	3	-	Tryckte fel länk efter 35 sek.
	4	34	Rörde sig.
	5	25	Utan att röra sig.
2	1	>60	Läste noggrant namnen i fälten.
	2	-	Gick vilse.
	3	40	Rörde sig.
	4	38	Utan att röra sig.
	5	24	Utan att röra sig.
3	1	20	Använde kartfunktion och sök.
	2	-	Gick vilse.
	3	20	Utan att flytta sig.
	4	20	Utan att flytta sig.
	5	20	Utan att flytta sig.
4	1	23	Använde kartfunktion och sök.
	2	-	Använde karta och gick vilse.
	3	20	Använde karta och tryck ifrån karta.
	4	25	Utan att röra sig.
	5	5	Åkte nedåt och tryckte.
5	1	>60	Åker omkring mycket.
	2	35	Försöker åka omkring, men avbryter.
	3	36	Rörde sig.
	4	33	Rörde sig.
	5	26	Rörde sig.

### Utvärderings resultat

Förutom sättet att navigera på i världen, konstaterade informanterna följande stora problem med designen: svårigheter i att röra sig i närheten av länkar, svårigheter att urskilja nivåer i kartfunktionen, svårigheter att veta namnet på den aktuella avsatsen. En stor del av kritiken betår med andra ord i att informanten upplevt någon form av desorientering. Informanternas egna förslag på lösning av detta problem är att helt enkelt skriva ut namnet till avsatserna, på avsatserna. Flera av informanter ansåg dessutom att världen skulle delas upp i två fönster, där det ena fönstret hela tiden visade kartan.

Trots att världen kan upplevas som desorienterande, visar mätningarna att informanterna relativt snabbt hittar till ett bestämt mål ifall de besökt stället innan. Det som inte framkommer av tabellerna är att vissa av informanterna även förstod att utnyttja de inneboende spatials fördelarna, dvs att använda sig av möjligheten att manövrera i rummet och de fördelar som detta medför i den typ av värld som jag skapat. Bevis för detta finns i tabell 2, informant 4, försök 5.

## SAMMANFATTNING

VRMLBoco skapar en tredimensionell värld, där bokmärken ligger utspridda i en trädstruktur, som på en bergsslutning. I användbarhetstest har det framkommit att användare med större erfarenhet av navigering i tredimensionella miljöer, har lättare för att utforska världen och på det sättet inse de fördelar designen har. En utgångspunkt för mitt arbete har varit att världen skall erbjuda användaren en möjlighet till att dels söka sig till en viss länk, men även att erbjuda användaren möjligheten att på egen hand ta sig till sitt mål. Användartest visade att två stycken personer förstod att framgångsrikt utnyttja detta. En av dessa personer hittade dessutom en 'genväg' som ledde till en anmärkningsvärd tidsskillnad, jämfört med den tid det tog för de andra användarna, att nå målet. Denna person utnyttjade de landmärken som strukturen erbjöd, samt listade ut den förmodligen kortaste vägen dit. Det negativa med detta, av döma av testerna, är att det verkar krävas ett viss mått av förkunskaper i tredimensionell navigering, samt ett kreativt sökande efter genvägar, för att dra fördel av detta. Användaren får med andra ord ingenting gratis. Å andra sidan visar testerna på att världen stimulerar användarens intresse till att utforskning. Det bör dock tilläggas att fördelarna med genvägar förmodligen först uppnås när bokmärkes strukturen har överskridit, en viss kritisk massa. Detta är dock inte något som jag har undersökt i detta PM.

Under arbetets gång har jag upptäckt nya möjligheter med VRMLBoco, men även brister i designen. I ett fortsatt utvecklings arbete anser jag att det skulle vara intressant att jämföra VRMLBoco och det traditionella sättet att hantera bokmärken. Jag tror att designen skulle tjäna på att kartfunktionen implementerades i sin helhet, samt att avsatserna namngavs. Förmodligen skulle orienteringen i världen även förenklas ifall kart funktionen var aktiv under hela tiden, i ett annat fönster.

Jag har i detta PM tagit upp de allra största för och nackdelarna med VRMLBoco. Det finns mycket mer att säga om designen, men tidsbristen föranleder att jag måste avsluta här. För den som vill veta mer så finns det en webblänk i början av detta PM, som leder till en hemsida där läsaren själv kan besöka den värld som VRMLBoco genererar.

### REFERENSER

1. Chen, C. (1999), *Visualisation and virtual environments*, London, Springer-verlag.
2. Löwgren, J., och Stolterman, E. (1998), *Design av informationsteknik - materialet utan egenskaper*, Lund, Studentlitteratur.
3. Mukherjea, S., och Foley, J.D., och Hudson, S. Visualizing complex hypermedia networks through multiple hierarchical views, i *Proceedings of CHI '95*. Tillgänglig på

[http://info.sigchi.acm.org/sigchi/chi95/Electronic/documents/papers/sm\\_bdy.htm#Joh91](http://info.sigchi.acm.org/sigchi/chi95/Electronic/documents/papers/sm_bdy.htm#Joh91)

4. Gershon, N., och Eick S.G., och Card, S. Information visualization. Interactios, 1998.
5. Lamping, J., och Rao, R., och Pirolli, P. A Focus+context technique based on hyperbolic geometry for visualizing large hierarchies, i *Proceedings of CHI '95*. Tillgänglig på

[http://info.sigchi.acm.org/sigchi/chi95/Electronic/documents/papers/jl\\_bdy.htm](http://info.sigchi.acm.org/sigchi/chi95/Electronic/documents/papers/jl_bdy.htm)

6. Munzner, T. H3: Laying out large directed graphs in 3D hyperbolic space, *Proceedings of the 1997 IEEE Symposium on Information Visualization*, October 20-21 1997, Phoenix, AZ, pp 2-10, 1997. Tillgänglig på <http://graphics.stanford.EDU/papers/h3/>