

# Evaluation von CAD-Systemen

## als alternatives Tool zu „Tangible Interactions“

Semesterarbeit Nebenfach  
Michael Gähwiler  
Sommer 2002

Dr. sc. techn. Morten Fjeld

1	Aufgabe.....	2
2	Kriterien an die CAD-Systeme .....	2
3	Mögliche CAD-Systeme .....	3
4	Vergleich der Systeme .....	4
4.1	AutoCAD .....	4
4.2	Inventor .....	5
4.3	3D Studio Max .....	5
4.4	Maya .....	6
4.5	Tabellenförmiger Vergleich .....	7
5	Fazit .....	8
6	Anhang.....	9
6.1	Anleitung zu 3D Studio Max R4.2 .....	9
6.1.1	Konfiguration.....	9
6.1.2	Laden einer Szene.....	9
6.1.3	Die verschiedenen Szenen für den Test.....	10
6.1.4	Navigieren und Positionieren .....	11
6.2	Datenformate .....	12
6.3	Literaturhinweise .....	12

# 1 Aufgabe

Diese Semesterarbeit ist in ein Projekt eingebunden, dass die Lösung eines Positionierungsproblems in einem 3D-Raum mit Hilfe unterschiedlicher Techniken zum Thema hat. Das Projekt wird am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie IHA unter der Leitung von Dr. sc. techn. Morten Fjeld durchgeführt. Bis jetzt wurden als Techniken folgende Systeme getestet:

- Lösung mit Hilfe eines physischen Modells
- Lösung mit Hilfe von Papier, Schreibzeug und Taschenrechner
- Lösung mit Hilfe von Papier, Schreibzeug, Zirkel und Lineal
- Lösung mit Hilfe des BUILD-IT-Systems (interaktives 3D-System zur Raum-Planung, etc.)

Ziel dieser Untersuchung ist es herauszufinden, welche Technik am Schnellsten zu einer Lösung des Positionierungsproblems führt. Eine Ausführliche Beschreibung findet sich in [1]. Eine weitere Technik um dieses Problem zu lösen, sind CAD-Systeme<sup>1</sup>. Dabei soll das Problem wie beim BUILD-IT-System interaktiv durch Navigieren in einem 3D-Raum und Positionieren des Laserpointers im 3D-Raum gelöst werden<sup>2</sup>. Ziel bei dieser Semesterarbeit war es, festzustellen welche CAD-Systeme in der Industrie und an den Hochschulen verbreitet und zur Anwendung kommen, eine Auswahl von CAD-Systemen auf das Problem anzuwenden um zusehen ob ein CAD-System überhaupt geeignet ist, und den vorgegebenen Test dann in einem der CAD-Systeme umzusetzen.

## 2 Kriterien an die CAD-Systeme

Die Kriterien, die ein CAD-System für das Positionierproblem zu erfüllen hat, werden hier in Form eines Fragekataloges wiedergegeben:

1. Kann man in Echtzeit in einer gegebenen Szene navigieren?
2. Kann man in Echtzeit in einer gegebenen Szene einen Gegenstand positionieren?
3. Kann man das Benutzerinterface (UI) anpassen?
4. Ist es möglich verschiedene Ansichten(Oben Links, Perspektive) der Szene gleichzeitig darzustellen?
5. Kann man Teile der Szene sperren, d.h. Benutzer kann diese Teile nicht verändern?
6. Kann man die Navigation eines Körpers einschränken, d.h. Körper darf nur an gewissen Stellen positioniert werden?
7. Kann man Lichtquellen(Spotlichtquelle) in Echtzeit darstellen? (ohne Schatten, Reflexionen)
8. Kann ein CAD-Neuling innerhalb kurzer Zeit (ca. 5Minuten) einen gegebenen Körper positionieren und in der Szene navigieren?
9. Ist das Programm in der Lage eine Kollision zwischen zwei Körpern darzustellen?
10. Wie geschieht die Navigation eines Körpers?

---

<sup>1</sup> Der Begriff CAD-Systeme wird hier in einem erweiterten Sinn gebraucht. Es werden nicht nur rein technische CAD-Systeme betrachtet, sondern auch "Modelers", die zur Erzeugung von Animationen und Bildern verwendet werden.

<sup>2</sup> Im weiteren Verlauf des Berichtes wird die Problemstellung und die Art wie es gelöst werden soll, als „Positionierungsproblem“ bezeichnet.

11. Ist das Programm an der ETH erhältlich?
12. Ist es möglich ein bestehendes VRML-Modell zu importieren<sup>3</sup>?
13. Was sind die Anforderungen an den Rechner?

Unerlässlich für die Lösung des Positionierungsproblem sind die ersten vier Punkte.

### 3 Mögliche CAD-Systeme

Tabelle 1 listet die wohl meist verbreiteten CAD-Systeme in Deutschland und der Schweiz auf. Diese Aussage beruht auf Angaben von Fachkräften aus der Industrie die Erfahrungen mit solchen Systemen haben und aus Recherchen im Internet (Durchforsten und Anfragen von spezialisierte Foren<sup>4</sup>, Trefferhäufigkeit bei der Suche in Google, Altavista, Yahoo, HotBot, AllTheWeb und andere).

Programm	Hersteller	Webpage	Ides <sup>5</sup>	System	Preis
<b>CAD:</b>					
AutoCAD	AutoDesk Inc.	www.autodesk.ch	Ja	WIN95_nt	0.-
AutoCAD Mechanical	AutoDesk Inc.	www.autodesk.ch	Nein		
AutoCAD Mechanical Desktop	AutoDesk Inc.	www.autodesk.ch	Ja	WIN95_nt	0.-
Inventor	AutoDesk Inc.	www.autodesk.ch	Ja	WIN95_nt	0.-
UniGraphics	EDS	www.eds.com/products/plm/unigraphics	Nein		
I-deas	EDS	www.eds.com/products/plm/ideas	Nein		
Pro Engineer	PTC	www.ptc.com/products/proe	Ja	unix WIN95_nt	1000.-
Catia	Dassault Systemes	www.catia.com	Nein		
Solid Works	SolidWorks Corporation	www.solidworks.com	Nein		
<b>Modeler</b>					
3D Studio Max	AutoDesk Inc.	www.autodesk.ch	Ja	WIN95_nt	1285.-
Maya	Alias Wavefront,	www.aliaswavefront.com/en/WhatWeDo/maya	Ja	mac unix winnt	XXX.-
<b>Architektur:</b>					
ArchiCAD	Graphisoft	http://www.graphisoft.com/products/architecture_and_design/graphisoft_archicad	Nein		
ArchiDraft	ArchiDraft Int. Trading	www.archidraft.ch/ArchiDraft/archidraft.html	Nein		
Vectorworks	Nemetschek AG	www.nemetschek.net/vectorworks	Ja	mac WIN95_nt	100.-

**Tabelle 1: CAD-Systeme**

<sup>3</sup> Dieses Kriterium war schlussendlich nicht mehr wichtig, da es einfacher war das Modell neu zu generieren. Siehe auch im Anhang unter Kapitel 6.2 Datenformate.

<sup>4</sup> <http://www.cad.de/>, <http://www.cad-forum.ch/>

<sup>5</sup> Softwarestelle der ETH Zürich erreichbar unter <http://www.ides.ethz.ch>. Die angegebenen Preise in der Tabelle beziehen sich auf diese Stelle.

## 4 Vergleich der Systeme

Einen direkten Vergleich der in Tabelle 1 aufgelisteten Systeme wurde nicht gefunden, auch keinen Vergleich zwischen einzelnen Systemen. Vielmehr findet man Diplomarbeiten, die einen Vergleich zwischen meist zwei bis drei Systemen zum Thema haben. Leider sind diese nicht über das Internet zugänglich oder immer noch zur Bearbeitung ausgeschrieben. Des Weiteren sind diese Vergleiche vielfach auf ein ganz bestimmtes Merkmal ausgerichtet (z.B. Modulierung von Freiformflächen, Schnittstellendefinition), sodass es für das Positionierungsproblem nicht von Bedeutung ist. Es finden sich auch einige spezielle Vorlesungen zu diesem Thema, vor allem im Architekturbereich, was doch zeigt, dass es sich bei CAD-Systemen um recht komplexe Systeme handelt. Eine Suche in den namhaften Magazinen [c't, iX, Chip, PC Magazine, Byte, ZD-Net] brachte leider auch keinen Vergleich zutage.

Glaut man den Beschreibungen und Werbungen der einzelnen Systeme erfüllen alle, die in der Tabelle 1 aufgeführten Systeme, die ersten drei Punkte des Kriterienkataloges, d.h. man kann in Echtzeit navigieren und positionieren und das UI ist anpassbar. Aufgrund dessen wurde zur weiteren Beurteilung und Evaluation CAD-Systeme gewählt, die entweder leicht durch Ides erhältlich oder anderweitig zugänglich sind.

Im Folgenden werden die Systeme AutoCAD, Inventor, 3D Studio Max und Maya näher betrachtet und auf ihre Verwendbarkeit auf das Positionierungsproblem hin getestet. In den jeweiligen Abschnitten werden nur die wichtigsten Vor- und Nachteile beschrieben. Tabelle 2 zeigt die Systeme nochmals in einem Überblick bezüglich des aufgestellten Fragekatalogs aus Kapitel 2.

### 4.1 AutoCAD

Bei AutoCAD handelt sich es eigentlich um ein 2D-System, dass aber auch 3D-Fähigkeit besitzt. Es stellte sich aber sehr rasch heraus, dass diese Fähigkeit sehr rudimentär und für die Aufgabenstellung ungenügend ist.

Die Navigation und das Positionieren kann auf zwei Arten geschehen. Bei der ersten Möglichkeit gibt man jeweils einen Richtungsvektor oder einen Drehvektor per Maus oder Tastatur ein, danach wird die Szene neu gezeichnet. Das Navigieren und Positionieren geschieht also nicht in Echtzeit. Die zweite Möglichkeit geschieht über einen Echtzeitmodus, dass das Positionieren und Navigieren per Maus in Echtzeit erlauben soll. Bei der Anwendung dieses Modus wird die Szene aber nur noch als flackerndes Bild und unvollständig wiedergegeben, was ein Navigieren und Positionieren unmöglich macht<sup>6</sup>.

AutoCAD hat seinen Ursprung im 2D-Bereich und die 3D-Fähigkeit wurden dem System erst später einverleibt, was man auch beim Einsatz von AutoCAD sehr schnell spürt. Die Stärken des Programms liegen eindeutig im 2D-Bereich, macht es aber für das Positionierungsproblem<sup>7</sup> ungeeignet.

---

<sup>6</sup> Evtl. kann diese Problem bei Einsatz von entsprechender Hardware gelöst werden.

<sup>7</sup> AutoCAD kann dazu verwendet werden, das Problem im 2D-Raum zu lösen, d.h. in der Art wie das Tool 3 Cardbord (siehe [1] dazu) zur Anwendung kommt. AutoCAD stellt dann ein Ersatz von Lineal und Zirkel dar.

## **4.2 Inventor**

Bei Inventor<sup>8</sup> handelt es sich um ein CAD-System, das von der gleichen Firma wie AutoCAD stammt. Im Gegensatz zu AutoCAD hat Inventor keine 2D-Vergangenheit, sondern wurde von Anfang an als 3D-CAD System konzipiert.

Inventor unterstützt die Navigation und das Positionieren in Echtzeit per Maus und dies ist grundsätzlich auch recht einfach durchzuführen. Das System bietet aber keine Möglichkeit verschiedene Ansichten des Modells zur gleichen Zeit darzustellen, d.h. man kann den Bildschirm nicht in eine Oben-, Seiten- und Perspektivenansicht unterteilen. Das Navigieren und Positionieren wird dadurch schwierig, da man immer zwischen den verschiedenen Ansichten<sup>9</sup> umschalten muss.

Inventor bietet die Möglichkeit die Bewegung eines Körpers einzuschränken, sodass sich dieser z.B. nur noch in der Ebene verschieben oder um eine bestimmte Achse drehen lässt. Die Einschränkung der Bewegungsfreiheit wird aber beim interaktiven Positionieren per Maus durchbrochen, d.h. der Körper lässt sich dann beliebig verschieben und drehen und erst bei einem „Update“ (ausgelöst durch die Betätigung des Update-Icons) werden die Einschränkungen<sup>10</sup> wieder hergestellt.

Durch das Fehlen von verschiedenen Ansichten zur gleichen Zeit und der Einschränkung der Bewegungsfreiheit eines Körpers eignet sich Inventor nur bedingt zur Lösung des Positionierungsproblems. Es ist zwar machbar, aber für einen Neuling<sup>11</sup> nicht mehr sehr intuitiv lösbar und mit viel Mühe verbunden.

## **4.3 3D Studio Max**

Beim nächsten getesteten System handelt es sich nicht um ein technisches CAD-System, sondern um ein Modeler- und Animationsprogramm, wiederum von der Firma Autodesk. Nach firmeneigener Werbung handelt es sich dabei um das am meist eingesetzte Modeler- und Animationsprogramm weltweit überhaupt. Was wohl durchaus als Realistisch einzustufen ist.

3D-Studio Max erlaubt es einem Benutzer in der Szene in Echtzeit per Maus zu navigieren und Körper zu platzieren. Dies geschieht auf eine intuitive Art und Weise und ein Neuling sollte in der Lage sein, dieses innerhalb von Minuten zu erlernen. Die Positionierung eines Körpers kann dabei über die Auswahl entsprechender Icons eingeschränkt werden. So ist es möglich, dass sich ein Körper nur noch in der Höhe oder in der Ebene verschieben oder um seine eigene Achse rotieren lässt. Dadurch ist wenigstens z.T. gewährleistet, dass sich der

---

<sup>8</sup> Bei Inventor handelt es sich um das „Nachfolgeprodukt“ von AutoCAD Mechanical Desktop, welches auch ein 3D-CAD-System der Firma Autodesk ist. Dabei handelt es sich eigentlich um das System AutoCAD welches mit zusätzlichen Modulen 3D-fähig gemacht wurde.

<sup>9</sup> Durch alleiniges Positionieren des Laserpointers in der Perspektive kann man seine Position nicht exakt feststellen. Man benötigt mindestens noch eine zusätzliche Ansicht dazu.

<sup>10</sup> Die Einschränkung der Bewegungsfreiheit bei der Steuerung über eine Maus ist für einen Neuling wichtig, da ansonsten der Körper innert kürzester Zeit aus der Ansicht „fliegt“ oder so verdreht im Raum steht, dass sich dieser fast nicht mehr ausrichten lässt.

<sup>11</sup> Ein Profi würde das Positionierungsproblem nicht interaktiv über die Maus lösen, sondern auf „Constraints“ zurückgreifen, d.h. er würde Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Körper schaffen bis der Laserpointer an der richtigen Stelle zu liegen kommt. Damit wäre eine Lösung schnell gefunden, aber setzt Inventorwissen voraus, die ein Neuling nicht in der vorgegebenen Zeit erlernen kann.

Körper nicht komplett verdreht in der Szene wieder findet und ein Benutzer sich nicht mehr zurecht findet. Es ist hingegen nicht möglich, die Bewegungsfreiheit eines Körpers grundsätzlich einzuschränken, d.h. die Einschränkung der Bewegungsfreiheit bezieht sich immer auf den momentan aktivierten Körper. Dies stellt aber kein eigentliches Problem dar, da in der Szene nur ein Körper (Laserpointer) positioniert werden muss. Man muss also lediglich zu Beginn eines Testes darauf achten, wie die Bewegungsfreiheit eingestellt ist. Es ist weiterhin auch nicht möglich, dynamisch Kollisionen zwischen einzelnen Körpern festzustellen und diese anzuzeigen.

In 3D-Studio Max lassen sich beliebige Ansichten konfigurieren, d.h. es ist möglich gleichzeitig eine Seiten, Oben und Perspektivische Ansicht zu haben. Abbildung 2 im Kapitel 6.1.2 zeigt wie das aussieht.

Ein grosses Plus gegenüber AutoCAD und Inventor ist es, dass es möglich ist, eigene Lichtquellen zu definieren, welche auch dynamisch in der Szene angezeigt werden. Damit ist es möglich einen Laserpointer über eine Spotlichtquelle zu simulieren und ein Szenario zu schaffen, dass irgendwo zwischen dem physischen Modell und dem BUILD-IT System liegt.

Aus diesen Überlegungen kam bei der Umsetzung des Testes schlussendlich 3D-Studio Max zum Einsatz.

#### **4.4 Maya**

Beim letzten untersuchten System handelt es sich wiederum um ein Modeler- und Animationsprogramm. Alle Vor- und Nachteile die unter 3D Studio Max beschrieben wurden, gelten gleichermassen auch für das Programm Maya. Die Unterschiede zwischen den zwei Systemen sind für das Positionierungsproblem marginal und fallen nicht in die Waagschale. Ob man das eine oder andere Programm einsetzt, spielt daher keine Rolle.

Alle hier getesteten Systeme bieten die Möglichkeit, die Fähigkeiten und Möglichkeiten beliebig an seine Bedürfnisse anzupassen. Dies wird durch Skripts, Plugins, Module oder auch eine Mischung aus allen erreicht. Wie auch immer die Lösung daher kommt oder bewerkstelligt wird, sie bedeutet immer einen Programmieraufwand. Die Evaluation beschränkt sich aber ausschliesslich auf Fähigkeiten, die im System schon vorgegeben sind.

#### 4.5 Tabellenförmiger Vergleich

Die folgende Tabelle nimmt die in Kapitel 2 gestellten Fragen nochmals auf und gibt Antworten auf die vier getesteten Systeme.

	AutoCAD	Inventor	3d-Studio	Maya
Kann man in Echtzeit in einer gegebenen Szene navigieren?	Nein 1)	ja	ja	ja
Kann man in Echtzeit in einer gegebenen Szene einen Gegenstand positionieren?	Nein 1)	ja	ja	ja
Kann man das Benutzerinterface (UI) anpassen?	Ja	ja	ja	ja
Ist es möglich verschiedene Ansichten(Oben Links, Perspektive) der Szene gleichzeitig darzustellen?	Nein 2)	nein 2)	ja	ja
Kann man Teile der Szene sperren, d.h. Benutzer kann diese Teile nicht verändern?	? 3)	?	ja	ja
Kann man die Navigation eines Körpers einschränken, d.h. Körper darf nur an gewissen Stellen positioniert werden?	?	ja 4)	nein	ja 5)
Kann man Lichtquellen(Spotlichtquelle) in Echtzeit darstellen? (ohne Schatten, Reflexionen)	nein	nein	ja	Ja
Kann ein CAD-Neuling innerhalb kurzer Zeit (ca. 5Minuten) einen gegebenen Körper positionieren und in der Szene navigieren?	Ja	ja	ja	Ja
Ist das Programm in der Lage eine Kollision zwischen zwei Körpern darzustellen?	?	ja 6)	ja 6)	ja 6)
Wie geschieht die Navigation eines Körpers?	Maus	Maus	Maus	Maus
Ist das Programm an der ETH erhältlich?	ja	Ja	ja	ja
Ist es möglich ein bestehendes VRML-Modell zu importieren?	nein	nein	ja	?
Was sind die Anforderungen an den Rechner?	Pentium II 300MHz 128MB 7)	Pentium II 300MHz 128MB 7)	Pentium II 300MHz 128MB 7)	Pentium II 300MHz 128MB 7)
Version des getesteten Systems?	R14	R5.3	R4.2	R4.01

**Tabelle 2: Vergleich der getesteten Systeme**

- 1) Mit entsprechender Hardware möglich.
- 2) Es ist möglich gleichzeitig verschiedene Ansichten einer Szene darzustellen, aber diese sind dann statisch, d.h. navigieren und positionieren ist nicht mehr möglich.
- 3) Bei den Punkten mit Fragezeichen wurden keine weiteren Abklärungen unternommen, da das System schon vorher aus dem Rennen fiel.
- 4) Die Positionierung einzuschränken ist möglich, aber beim dynamischen Positionieren durch die Maus wird diese Einschränkung nicht beachtet.
- 5) Nur innerhalb eines Würfels einschränkbar, d.h. Würfel stellt Grenze der Bewegungsfreiheit dar.
- 6) Bei allen Systemen geschieht dies nicht in Echtzeit, sondern benötigt eine gewisse Zeit. Das Resultat wird jeweils farblich hervorgehoben.
- 7) Alle Tests wurden auf einem Notebook dieser Leistungsklasse und unter Windows XP durchgeführt. Notebook besass keine 3D-Graphikkarte. Bei allen Systemen wurden je etwa 400MB Festplattenspeicher zur Installation benötigt.

## **5 Fazit**

Einen TUI-Test wie unter [1] beschrieben ist durchaus mit Hilfe eines CAD-Systems umsetzbar und stellt eine weitere Möglichkeit dar, das Positionierungsproblem zu lösen. Das Positionierungsproblem lässt sich erstaunlich gut auf ein CAD-System portieren, wobei ein nicht technisches CAD-System eher geeignet ist als ein technisches.

Man muss aber dazu sagen, dass die Systeme nicht für diese Art von Problem ausgelegt sind und deshalb nicht an ein speziell auf das Positionierungsproblem ausgerichtetes System herankommt. Eine Testperson müsste aber trotzdem in der Lage sein, eine Lösung in recht kurzer Zeit zu finden. Wobei dies nur eine Abschätzung des Autors ist und man diese Behauptung erst durch Test verifizieren muss.



## 6 Anhang

### 6.1 Anleitung zu 3D Studio Max R4.2

#### 6.1.1 Konfiguration

Nach dem erstmaligen Starten von 3D Studio ist es nötig ein UI(User Interface) zu schaffen, das nicht durch Icons, Menüs, etc. überladen ist. Um das UI zu ändern, muss über den Menüpunkt *Customize* -> *Load Custom UI Scheme* das Schema **3dstudio-konfiguration/UI.cui** geladen werden.

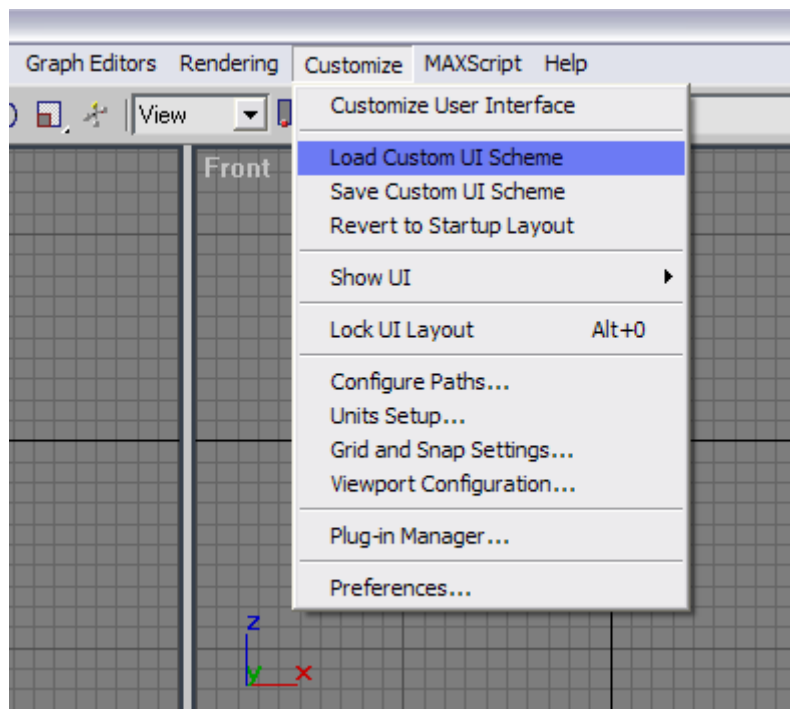


Abbildung 1: Laden eines "Custom UI"

Danach präsentiert sich 3D Studio mit einem aufgeräumten UI, das nur die für den Test nötigen Elemente enthält.

#### 6.1.2 Laden einer Szene

Das Laden einer Szene geschieht über den Menüpunkt *File->Open...* Durch das Laden einer Szene werden auch gleich die verschiedenen Ansichten der Szene konfiguriert. Nach der UI-Konfiguration und dem Laden einer Szene präsentiert sich dem Benutzer folgendes Bild und der Test kann beginnen.

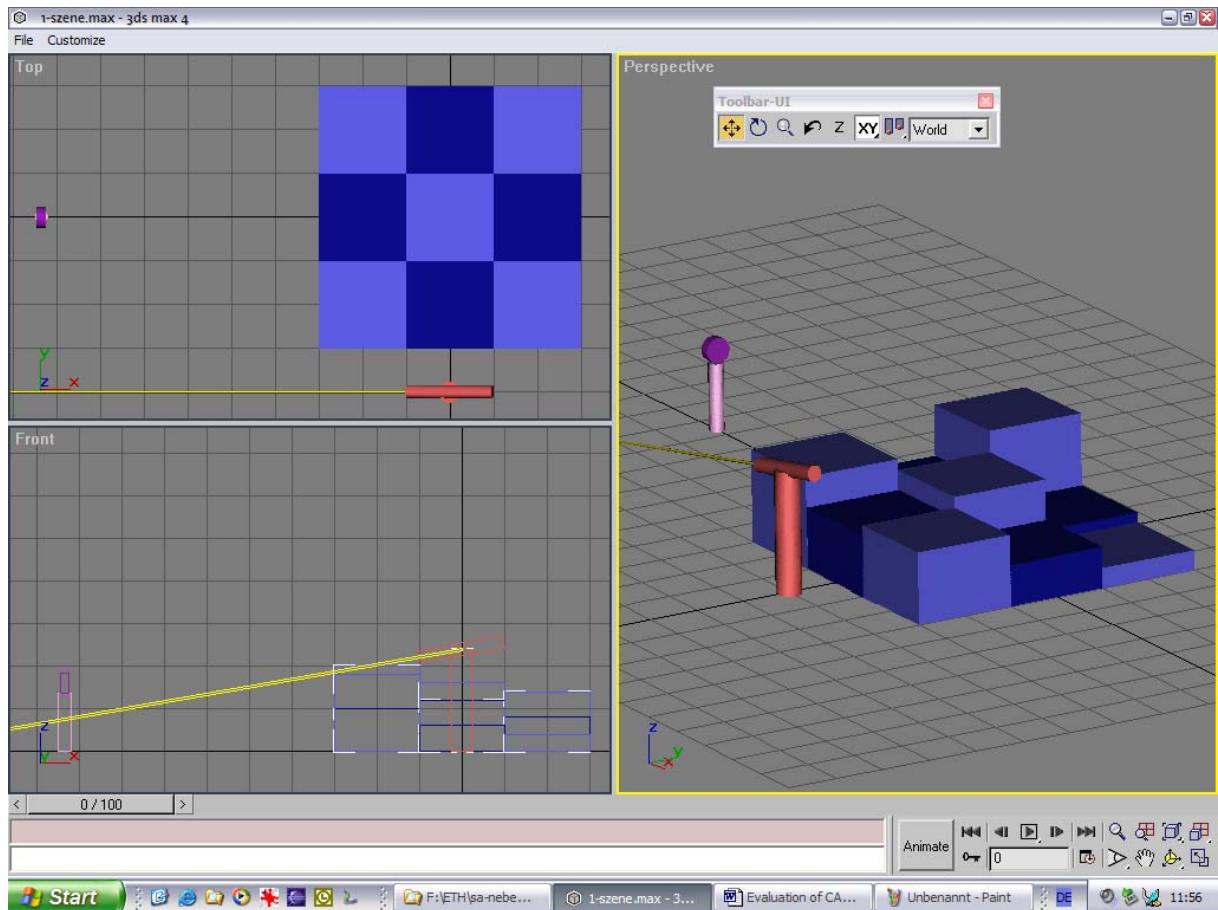


Abbildung 2: Bildschirmansicht von 3D Studio

### 6.1.3 Die verschiedenen Szenen für den Test

Für den Test wurden zwei unterschiedliche Testszenarien eingerichtet. Das erste Testszenario ist dem BUILD-IT System nachgebildet, d.h. der Laser wird durch eine Linie nachgebildet. Die dazugehörigen Szenarien finden sich im Ordner **Körperstrahl** wieder. Das zweite Testszenario arbeitet mit einer Lichtquelle, welche einen Laserstrahl simuliert. Dieses Testszenario versucht die Realität näher abzubilden und entspricht einem Test, der zwischen dem BUILD-IT System und dem physischen Modell liegt. Die dazugehörigen Szenarien finden sich im Ordner **Lichtstrahl** wieder.

Das Modell mit Lichtstrahl verlangt einen anspruchsvolleren Rechner als das Modell Körperstrahl. Insbesondere wäre da eine 3D-Grafikkarte wünschenswert. Mit dem Rechner<sup>12</sup> das bei dieser Evaluation zum Einsatz kam, war mit dem Modell Körperstrahl ein flüssiges Arbeiten noch möglich, beim Modell Lichtstrahl hingegen kam es teilweise zu Verzögerungen in der Darstellung.

<sup>12</sup> Acer Travelmate 722TX Notebook mit Pentium II 300MHz, 128MB Arbeitsspeicher, Auflösung 1024\*768 bei 24Bit Farbtiefe, Grafikkarte ohne 3D-Hardwareunterstützung. Betriebssystem Windows XP Professional

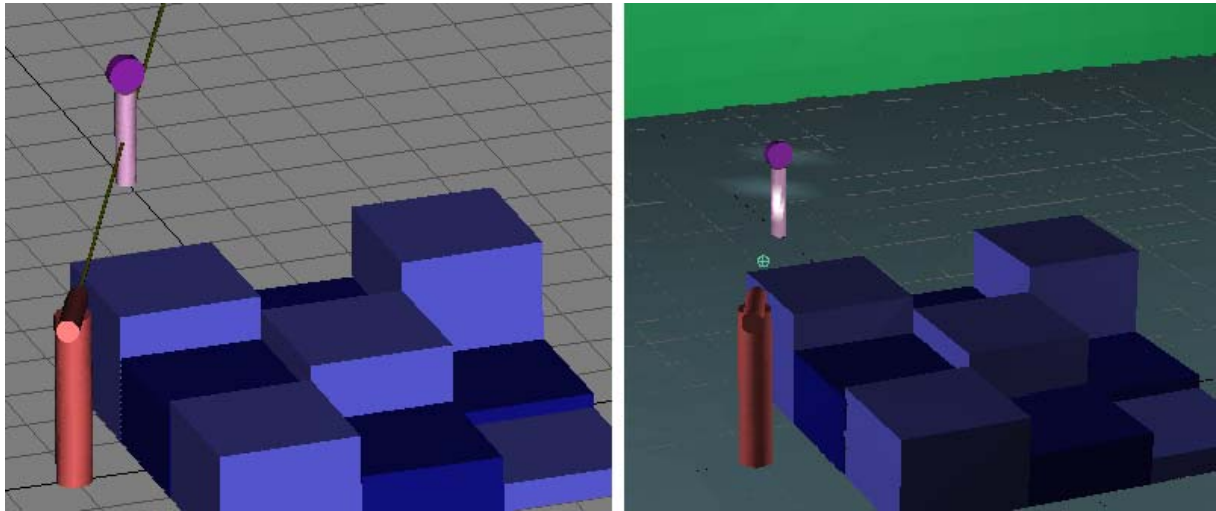


Abbildung 3: Die zwei Testszenarien

### 6.1.4 Navigieren und Positionieren

Das Navigieren und Positionieren geschieht immer über die Maus und die Toolbox.

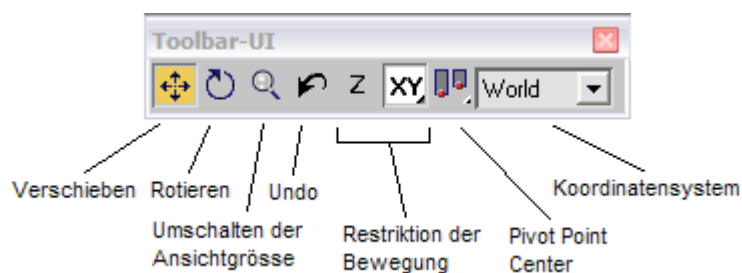


Abbildung 4: Toolbox

Dazu muss man zuerst mit der Maus den Laserpointer auswählen, dann das Move-Ikone resp. Rotate-Ikone aktivieren und schlussendlich den Mauscursor in einer beliebigen Ansicht über den Laserpointer bewegen bis sich der Cursor in eine Move- resp. Rotate-Cursor verwandelt. Durch Drücken der linken Maustaste kann der Laserpointer nun bewegt werden. Es muss aber immer darauf geachtet werden, dass die richtigen Einschränkungen in der Toolbox aktiviert sind, da man ansonsten schnell die Orientierung verliert.

Für das Bewegen des Laserpointer in der Ebene sieht das folgendermassen aus (man beachte die aktiven Ikonen):

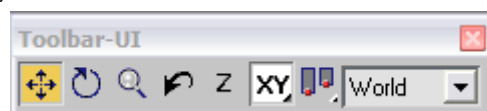


Abbildung 5: Bewegen in der Ebene

Will man den Laserpointer in der Höhe verschieben folgendermassen:

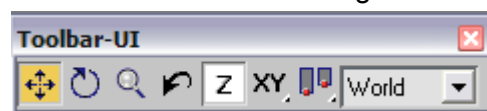
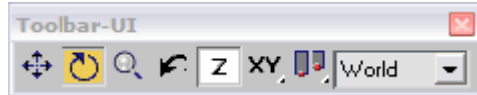


Abbildung 6: Bewegen in der Höhe

Um den Laserpointer zu rotieren müssen folgende Ikone aktiviert werden:



**Abbildung 7: Rotieren um die Z-Achse**

Es ist darauf zu achten, dass immer das „World“-Koordinatensystem aktiviert und als Zentrum des Laserpointers das „Pivot Point Center“ ausgewählt ist. Dies ist vor allem bei der Rotation wichtig, da ansonsten der Laserpointer um ein Drehzentrum gedreht wird, das ausserhalb der Laserpointers liegt und man den Laserpointer schnell verliert. Einmal diese zwei Punkte richtig eingestellt, werden sie über die ganze Zeit beibehalten, d.h. man muss dies nur zu Beginn des Testes einstellen. Verschiebungen und Rotation des Laserpointers können über die Undo- Funktion über mehrere Stufen hinweg rückgängig gemacht werden.

## **6.2 Datenformate**

Es wurde auch eine Möglichkeit gesucht, bestehende VRML-Modelle in die jeweiligen Systeme zu importieren. Nicht alle Systeme haben diese Fähigkeit. Um dieses Problem zu umgehen, gibt es Datenkonverter, die von einem Format in ein anderes Format konvertieren. Hier eine Liste der benutzten Programme:

- <http://nct.digitalriver.com/fulfill/0002.11>
- <http://www.rhino3d.com/>.
- <http://www.3d-view.de/>

Das Resultat der Konvertierung ist vielfach nicht sehr befriedigend. Des Weiteren ist das hier verwendete Modell recht simple, sodass ein Neuerstellen dessen einfacher ist und auch bessere Ergebnisse liefert. Darum wurde bei der Semesterarbeit schlussendlich alle Modelle neu erstellt.

## **6.3 Literaturhinweise**

[1] M. Fjeld, S. Guttormsen Schär, D. Signorello and H. Krueger (in press): *Alternative Tools for Tangible Interaction: A Usability Evaluation*. Proceedings of IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2002.