

# Constraint-basierte 3D-Interaktionen zur Gestaltung von Planungsentwürfen

Stephan MERTEN und Karsten BERLIN

## Zusammenfassung

Bei der Präsentation von Planungsentwürfen hilft die dreidimensionale Visualisierung des Planungsgebietes, die Planungsmaßnahmen durchzusetzen und zu vermitteln. Allerdings erstellen erst wenige Planer einen solchen dreidimensionalen Planungsentwurf. Eine Ursache dafür liegt in der aufwendigen Gestaltung von dreidimensionalen Entwürfen. In dieser Publikation wird ein Ansatz zur Vereinfachung der direkten, interaktiven Gestaltung und Manipulation von dreidimensionalen Planungsentwürfen in desktopbasierten Visualisierungsumgebungen vorgestellt. Durch Beachtung natürlicher Eigenschaften, sog. Constraints, von Geoobjekten soll der Planer im dreidimensionalen Modell seines Planungsgebietes mit diesen möglichst realitätsnah interagieren können. Constraints, wie beispielsweise die Verankerung eines Baumes mit der Geländeoberfläche, verringern die Komplexität der Interaktion und damit die kognitive Last für den Benutzer. Anhand eines konkreten Planungsszenarios wird aufgezeigt, wie die Interaktionsobjekte und ihre Constraints identifiziert werden können.

## 1 Einleitung

Die Präsentation von Planungsentwürfen übernimmt im Rahmen von Planungsprozessen die Funktion der visuellen Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren. Eine anschauliche Visualisierung dient dazu, die Planungsmaßnahmen verständlich zu vermitteln und hilft diese durchzusetzen.

Im Gegensatz zur zwei- erleichtert die dreidimensionale Visualisierung eines Planungsentwurfes die visuelle Kommunikation im Planungsprozess, da diese Form der Darstellung eher der alltäglichen Wahrnehmung des Menschen entspricht. Untersuchungen zeigen, dass eine Mehrheit der Planer bei einer dreidimensionalen Darstellung mit einer besseren Akzeptanz ihrer Planungsentwürfe rechnen, gleichzeitig aber nur wenige ihre Planungen dreidimensional darstellen (MEINEL und LIPPOLD 1999; JÜNEMANN et al. 2001). Die Gründe dafür sind vielfältig. Besonders der hohe Zeit- und Kostenaufwand bei der Gestaltung des Planungsentwurfes stellt durch die meist wenig intuitive Software ein wichtiges Hindernis dar.

Im Folgenden wird zunächst auf die 3D-Interaktion in geo-virtuellen Systemen eingegangen. Danach wird der Ansatz der constraints-basierten Interaktion vorgestellt, durch den die kognitive Last für den Anwender verringert wird. Abschließend wird die Umsetzung dieses Ansatzes durch ein konkretes Anwendungsbeispiel verdeutlicht.

## 2 3D-Interaktion in Geo-Virtuellen Desktopumgebungen

### 2.1 Was bedeutet 3D-Interaktion?

Interaktion ist definiert als die Wechselwirkung zwischen Mensch und Computer, wobei diese Interaktion sowohl indirekt als auch direkt erfolgen kann (DIX et al. 1998). Bei der 3D-Interaktion findet diese Wechselwirkung im dreidimensionalen Raum statt.

Der Mensch interagiert i.d.R. mit dem Computer über die graphische Benutzerschnittstelle (GUI), die sich aus einzelnen zwei- oder dreidimensionalen Widgets zusammensetzt. Ein Widget - eine begriffliche Kombination aus „Window“ und „Gadget“ - besteht aus einer Geometrie und einem Verhalten, durch das Objekte oder Informationen kontrolliert werden können (CONNER et al. 1992).

Direkte Interaktion mit dreidimensionalen Objekten erfolgt unmittelbar über den Maus-Cursor ohne Zwischenschaltung von Widgets. Indirekt interagiert der Benutzer über Widgets. Dies kann zum einen über feststehende Widgets außerhalb einer dreidimensionalen Szene wie z.B. durch Slider oder Buttons geschehen, zum anderen können diese Widgets unmittelbar an dem Interaktionsobjekt in der Szene positioniert sein (Abbildung 1).

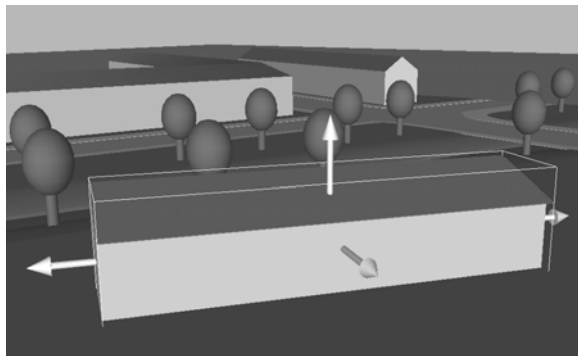


Abb. 1: Indirekte Interaktion über am Objekt platzierte Widgets

### 2.2 Möglichkeiten der 3D-Interaktion in Desktopumgebungen

Interaktionen wie Translation, Skalierung oder Rotation von beliebigen dreidimensionalen Objekten sind sehr komplex. Es müssen stets sechs unabhängige Variablen für Positionierung und Orientierung eines Objektes kontrolliert werden. Immersive (z.B. Cave) und semi-immersive (z.B. Workbench) virtuelle Systeme mit dreidimensionalen Ein- und Ausgabegeräten bieten sechs Freiheitsgrade für diese Interaktionen. Diese Systemumgebungen werden aufgrund ihrer hohen Kosten und ihres beträchtlichen Administrationsaufwandes in der Planungspraxis nur selten eingesetzt. Im Gegensatz dazu sind nicht-immersive, desktopbasierte Systeme heute ein weit verbreiteter Standard. Diese Systemumgebungen sind standardmäßig mit zweidimensionalen Ein- und Ausgabegeräten ausgestattet und stellen dem Benutzer daher zu wenig Freiheitsgrade zur Interaktion mit 3D-Objekten zur Verfügung. 2D-Mäuse besitzen beispielsweise zwei Freiheitsgrade und können somit nur zwei der sechs Raumvariablen eines 3D-Objektes direkt kontrollieren. 3D-Interaktionen sind in

Standarddesktopsystemen also schwierig und wenig intuitiv durch Maus-Tastatur-Kombinationen durchführbar (SMITH et al. 2001; BOWMAN 2002).

### **3 Constraint-basierte Interaktionen**

#### **3.1 Interaktionsansatz**

Um eine interaktive Gestaltung und Manipulation von dreidimensionalen Planungsentwürfen in desktopbasierten Systemumgebungen zu ermöglichen bzw. zu erleichtern, müssen deren fehlende Freiheitsgrade ausgeglichen werden. Dies wird erreicht durch eine Reduzierung der Anzahl der zu kontrollierenden Raumvariablen je Interaktionsobjekt. Dieser Ansatz macht sich zunutze, dass bei Planungsaufgaben nicht mit beliebigen geometrischen Objekten sondern mit Geoobjekten interagiert wird. Diese sind Modelle von realen Objekten und sollten sich deshalb wie in der Realität verhalten. Durch Berücksichtigung der natürlichen Beziehungen zwischen realen Objekten schränken sich die Interaktionsmöglichkeiten der Geoobjekte ein. Diese Einschränkungen, im folgenden Constraints genannt, können verschiedener Art sein. Ein geometrischer Constraint bewirkt beispielsweise, dass ein virtueller Baum sich nur in bestimmter Weise, genau um die Y-Achse, rotieren lässt. Auf der Basis dieser Constraints können Interaktionsregeln für jedes Geoobjekt formuliert werden. Die Objekte in der dreidimensionalen Szene „wissen“ welche Interaktionen mit ihnen durchgeführt werden dürfen und stellen dem Benutzer ein angepasstes Interface zur Verfügung. Entsprechend dem Prinzip der „Affordances“ (NORMAN 1988) werden nur die Widgets angezeigt, welche die Constraints für das Geoobjekt erfüllen und zulässige Interaktion ermöglichen. Der Benutzer kann also nur so mit einem Geoobjekt interagieren, wie es dem Verhalten seines „realen Gegenstücks“ entspricht.

#### **3.2 Arten von Constraints bei Geoobjekten**

Interaktionen können durch unterschiedliche Arten von Constraints eingeschränkt sein. Den Constraints können sowohl naturgegebene, wie z.B. physikalische Gesetze, als auch anthropogene Einflüsse, wie z.B. Gesetzesvorschriften, zugrunde liegen. Man kann diese folgendermaßen unterscheiden:

- Geometrische Constraints: schränken Lage- und Orientierung eines Objektes ein, also Translation, Skalierung, Rotation
- Topologische Constraints: definieren Beziehungen zu benachbarten Objekten, z.B. Überschneidungen
- Strukturelle Constraints: betreffen die Objektstruktur, bestimmen z.B. ob ein Objekt geteilt werden kann oder ob Objektteile ausgetauscht werden können
- Plausibilitäts-Constraints: definieren sinnvolle Grenzwerte für die Interaktion z.B. eine einzuhaltende Minimal- und Maximalgröße

## 4 Anwendungsbeispiel

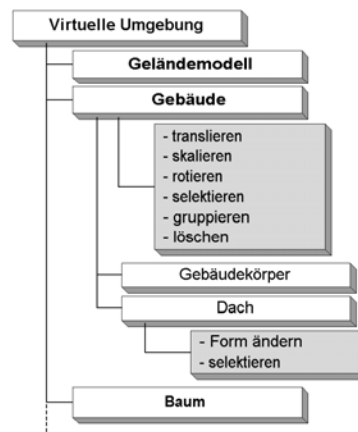
Anhand eines konkreten Planungsbeispiels sollen Interaktionen und Constraints für typische, bei Planungsaufgaben vorkommende, Geoobjekte identifiziert und umgesetzt werden. Zu diesem Zweck wurde ein Szenario basierend auf einem Planungsvorhaben aus der Fachdomäne Stadtplanung bzw. Städtebau entwickelt.

Szenarien sind Geschichten über konkrete Menschen mit konkreten Aktivitäten (CARROLL 2000). Ein Szenario ist ein wichtiger Bestandteil des benutzerorientierten Systemdesigns. Es hilft dem Entwickler Aufgaben und Anforderungen zu erheben, die von einer bestimmten Fachdomäne gestellt werden. Dazu muss das Szenario hinsichtlich der vorkommenden Objekte und Interaktionen analysiert werden. Ein Verfahren besteht darin die Substantive, sie stellen die Objekte dar, und die Verben, sie repräsentieren die Interaktionen, innerhalb des Textes zu identifizieren (MANDEL 1997; KUHN 2001). Die analysierten Objekte und Interaktionen können in einem Anforderungsbaum dargestellt werden (WILLANS et al. 2001).

Das hier benutzte Szenario beschreibt den Vorgang der Gestaltung eines Planungsentwurfes für ein reales und bereits abgeschlossenes Bauvorhaben der Stadt Münster. Bei dieser Planung geht es um die Umwandlung einer ehemals gewerblich genutzten innerstädtischen Fläche in eine Wohnbaufläche.

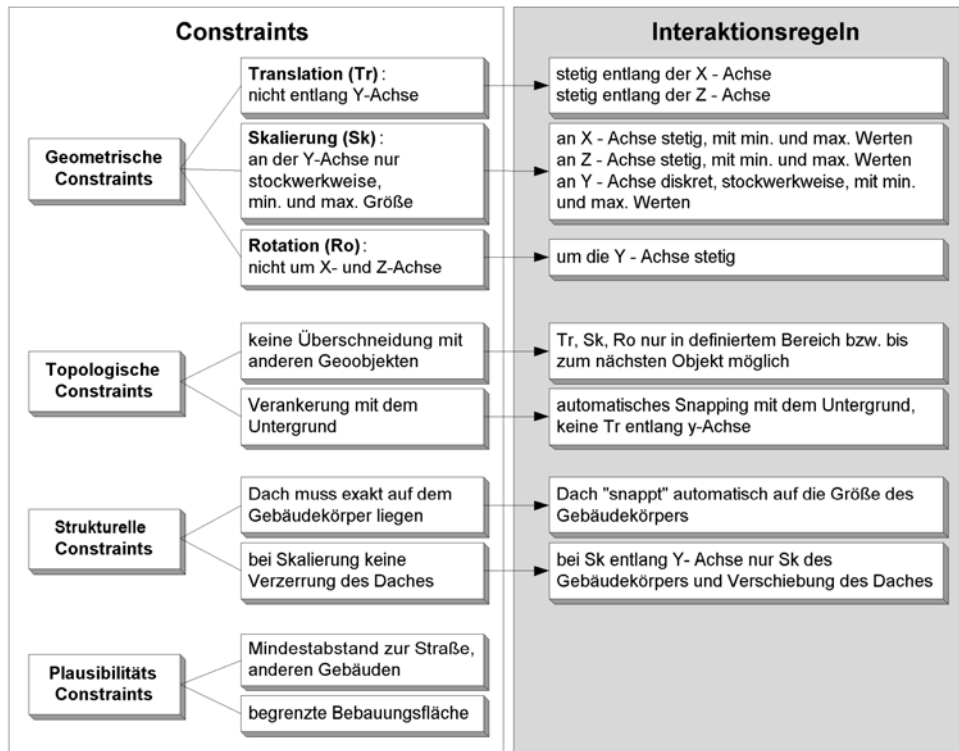
Auszug aus dem Szenario: „[...] Der Planer Müller beschließt vier voneinander getrennte Gebäudeblöcke mit flachgeneigten Dächern so zu errichten, dass eine zu den Hauptstraßen geschlossene, aber zur ‚Aa‘ offene Wohnanlage entsteht. Das erste langgezogene Gebäude positioniert er als einen ‚Schallriegel‘ parallel zur nördlich angrenzenden Hauptstraße. Zwei Wohngebäude mit ‚L-förmigem‘ Grundriss platziert er auf die südlichen Ecken des Bebauungsgebietes. Dazwischen errichtet er ein hufeneisenförmiges Gebäude, das sich zum südlich angrenzenden Wohngebiet öffnet. Der Planer verschiebt die Gebäude auf dem Gelände und vergrößert bzw. verkleinert sie bis ihre Grundflächen und Höhen übereinstimmen. [...]“

Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt des Anforderungsbaumes für das Szenario.



**Abb. 2:** Ausschnitt vom Anforderungsbaum mit Objekten und Interaktionen

Das Objekt Gebäude setzt sich aus zwei Teilen, einem Gebäudekörper und einem Dach, zusammen. Während Interaktionen wie Translieren oder Skalieren mit dem gesamten Objekt durchgeführt werden, kann das Dach auch einzeln selektiert und gegen eine andere Form ausgewechselt werden.



**Abb. 3:** Constraints des Geobjekts „Gebäude“ und daraus abgeleitete Interaktionsregeln

Am Beispiel der Interaktionen mit dem Geobjekt „Gebäude“ sind in Abbildung 3 verschiedene Constraints und die daraus resultierenden Regeln für die Interaktion dargestellt. Zu den geometrischen Constraints gehören beispielsweise diejenigen für die Skalierung. Neben der Festlegung einer minimalen und maximalen Größe sollte eine Erhöhung des Gebäudes nur etagenweise möglich sein. Auch strukturelle Constraints müssen bei einer Erhöhung beachtet werden. Würde der Benutzer das gesamte Gebäude in y-Richtung (rechtshändiges Koordinatensystem) skalieren, dann würde er auch den Neigungswinkel des Daches verändern. Um dies zu verhindern, muss eine Interaktionsregel aufgestellt werden, nach der nur der Gebäudekörper skaliert, das Dach aber um denselben Betrag in y-Richtung verschoben wird.

## 5 Fazit und Ausblick

Die constraint-basierte dreidimensionale Interaktion bietet für den Nutzer viele Vorteile. Er kann mit seiner Standarddesktopumgebung intuitiv und einfach eine dreidimensionale Darstellung erzeugen und verändern. Besonders bei Planungsprozessen ist es hilfreich, Planungsentwürfe schnell und einfach manipulieren zu können. So ist es möglich sogar während der Diskussion einen dreidimensionalen Entwurf zu ändern, um sofort die räumliche Wirkung einer alternativen Planungsmaßnahme beurteilen zu können. Dieser Interaktionsansatz bietet dem Anwender einen klaren Zeit- und Kostenvorteil.

Trotz der offensichtlichen Vorteile dieses Ansatzes ist es wichtig in einem nächsten Arbeitsschritt die Verbesserung für den Nutzer zu evaluieren. Dies ist das Ziel einer Nutzbarkeitsuntersuchung bei der mittels quantitativer und qualitativer Methoden Effektivität, Effizienz und Benutzerzufriedenheit erhoben werden. Auch eine potentielle Verbesserung der Nutzbarkeit dieses Interaktionsansatzes durch eine Kombination mit Snapping-Techniken oder multimodaler Interaktion sowie der Interaktion mit anderen Widgets bedarf einer weiteren Untersuchung.

## 6 Literatur

- BOWMAN, D. (2002): *Principles for the Design of Performance-oriented Interaction Techniques*. In: Stanney, K. (Hrsg.): *Handbook of Virtual Environments*. Lawrence Erlbaum Associates Inc., Mahwah, New Jersey.
- CARROLL, J. (2000): *Five Reasons for scenario-based Design*. In: *Interacting with Computers* 13(1): S. 43-60.
- CONNER, D. B., S. S. SNIBBE, K. P. HERNDON, D. C. ROBBINS, R. C. ZELEZNIK & A. VAN DAM (1992): *Three-Dimensional Widgets*. In: *Computer Graphics (1992 Symposium on Interactive 3D Graphics)* 25(2): S. 183-188.
- DIX, A., J. FINLAY, G. ABOWD & R. BEALE (1998): *Human-Computer Interaction*. Prentice Hall Europe, London, New York, Toronto.
- JÜNEMANN, P., P. PAAR & J. REKITTKE (2001): *Landschaftsplanung: Verbreitung und Einsatz von 3D-Visualisierungswerkzeugen in der Planungspraxis*. In: *Kartographische Nachrichten* 51(4): S. 200-204.
- KUHN, W. (2001): *Ontologies in support of activities in geographical space*. In: *International Journal for Geographical Information Science* 15(7): S. 613-631.
- MANDEL, T. (1997): *The Elements of User Interface Design*. John Wiley Inc., New York.
- MEINEL, G. & R. LIPPOLD (1999): *Zum Einsatz neuer Informationstechnologien in Raumplanung und Umweltschutz - Auswertung einer deutschlandweiten Befragung*. 4. Symposium "Computergestützte Raumplanung" (CORP), Wien.
- NORMAN, D. A. (1988): *The Psychology of Everyday Things*. Basic Books Inc., New York.
- SMITH, G., T. SALZMAN & W. STUERZLINGER (2001): *3D Scene Manipulation with Constraints*. In: Fisher, B. & Dawson-Howe, K. et al (Hrsg.): *Virtual and Augmented Architecture*. S. 35 - 46. Springer, Heidelberg.
- WILLANS, J. S., S. P. SMITH & M. D. HARRISON (2001): *Using scenarios to identify the design requirements of virtual environments*. York, UK, University of York: S. 14.