

ARBEITSPAPIERE  
WORKING PAPERS

NR. 6, JUNI 2011

AUGMENTED URBAN MODEL

KATJA KNECHT

ISSN 2191-2416



**Katja Knecht**

Augmented Urban Model: Ein Tangible User Interface zur Unterstützung von Stadtplanungsprozessen

Arbeitspapiere Informatik in der Architektur, Bauhaus Universität Weimar, Nr. 6  
ISSN 2191-2416

Bauhaus-Universität Weimar, Professur Informatik in der Architektur  
Belvederer Allee 1, 99421 Weimar  
<http://infar.architektur.uni-weimar.de>

Titelbild: Jugendstil-Wendeltreppe im Hauptgebäude © Bauhaus-Universität Weimar

Redaktionelle Anmerkung:

Frau Dipl.-Ing., M.Sc. Katja Knecht ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur Informatik in der Architektur an der Bauhaus-Universität Weimar. Das vorliegende Arbeitspapier ist eine Zusammenfassung der Masterarbeit von Frau Knecht, welche inklusive Source Code hier verfügbar ist:  
<http://infar.architektur.uni-weimar.de/service/drupal-cms/AUM>

# Augmented Urban Model: Ein Tangible User Interface zur Unterstützung von Stadtplanungsprozessen

Katja Knecht

katja.knecht@uni-weimar.de

Professur Informatik in der Architektur

Fakultät Architektur, Bauhaus-Universität Weimar, Belvederer Allee 1, 99421 Weimar, Germany

## Abstract

Im architektonischen und städtebaulichen Kontext erfüllen physische und digitale Modelle aufgrund ihrer weitgehend komplementären Eigenschaften und Qualitäten unterschiedliche, nicht verknüpfte Aufgaben und Funktionen im Entwurfs- und Planungsprozess. Während physische Modelle vor allem als Darstellungs- und Kommunikationsmittel aber auch als Arbeitswerkzeug genutzt werden, unterstützen digitale Modelle darüber hinaus die Evaluation eines Entwurfs durch computergestützte Analyse- und Simulationstechniken.

Analysiert wurden im Rahmen der in diesem Arbeitspapier vorgestellten Arbeit neben dem Einsatz des Modells als analogem und digitalem Werkzeug im Entwurf die Bedeutung des Modells für den Arbeitsprozess sowie Vorbilder aus dem Bereich der Tangible User Interfaces mit Bezug zu Architektur und Städtebau. Aus diesen Betrachtungen heraus wurde ein Prototyp entwickelt, das Augmented Urban Model, das unter anderem auf den frühen Projekten und Forschungsansätzen aus dem Gebiet der Tangible User Interfaces aufsetzt, wie dem metaDESK von Ullmer und Ishii und dem Urban Planning Tool Urp von Underkoffler und Ishii.

Das Augmented Urban Model zielt darauf ab, die im aktuellen Entwurfs- und Planungsprozess fehlende Brücke zwischen realen und digitalen Modellwelten zu schlagen und gleichzeitig eine neue tangible Benutzerschnittstelle zu schaffen, welche die Manipulation von und die Interaktion mit digitalen Daten im realen Raum ermöglicht.

**Keywords:** architecture, urban planning, physical model, digital model, simulation, tangible user interface

## 1. Einleitung

Wie in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens hat der Computer als Werkzeug und Hilfsmittel auch Einzug in die Arbeitsprozesse in Architektur und Städtebau gehalten. Computer-Aided Design und 3D Modeling ersetzen bzw. erweitern nach und nach die traditionellen Entwurfs- und Arbeitswerkzeuge Zeichnung, Perspektive und Modell und unterstützen heute die Bearbeitung, Entwicklung und Planung einer Entwurfslösung von der ersten Idee bis hin zum fertigen Gebäude.

Während Zeichnungen und Perspektiven nahezu vollständig digitalisiert wurden, existieren digitale und physische Modelle aufgrund ihrer unterschiedlichen, teilweise komplementären Eigenschaften und Qualitäten im heutigen Entwurfsprozess Seite an Seite. Während des architektonischen Arbeitsprozesses setzt der Entwerfer beide Werkzeuge nach Bedarf ein und wechselt zwischen analog und digital hin und her, ohne dass zwischen beiden Welten eine konkrete Verbindung besteht.

Die im Rahmen dieses Arbeitspapiers vorgestellte Arbeit basiert auf der Idee diese prozessuale Lücke zu schließen und eine Verbindung zwischen physischen und digitalen Arbeitsprozessen im Rahmen eines Augmented Urban Model herzustellen. Mit dem Architekturmodell bietet sich die einzigartige Möglichkeit, auf bestehenden Interaktionsstrukturen aufzubauen und deren physisch-sinnlichen Qualitäten mit den Vorteilen digitaler Modelle zu verknüpfen. Es entstand das Konzept des Augmented Urban Models, einem Tangible User Interface zur Unterstützung des städtebaulichen Arbeitsprozesses in verschiedenen Entwurfsphasen. Tangible User Interfaces verknüpfen und repräsentieren virtuelle Daten mit realen Objekten und Oberflächen und unterstützen eine sinnlich-erfahrbare Interaktion. Das Augmented Urban Model setzt dabei auf Forschungsansätzen und frühen Projekten aus dem Gebiet der Tangible User Interfaces auf, wie dem metaDESK von (Ullmer & Ishii, 1997) und dem Urban Planning Tool von (Underkoffler & Ishii, 1999).

Das vorliegende Arbeitspapier gibt in Kapitel 2 zunächst einen Überblick über physische und digitale Modelle, ihren Einsatz und ihre Bedeutung im architektonischen und städtebaulichen Entwurfsprozess. Tangible User Interfaces und Vorgängerprojekte mit architektonischem und städtebaulichem Hintergrund, auf denen die Arbeit aufbaut werden in Kapitel 3 dargestellt. Kapitel 4 beschreibt das Konzept, mögliche weitere Anwendungsszenarien und die prototypische Umsetzung des Augmented Urban Models.

## 2. Das Modell in Architektur und Stadtplanung

In Architektur und Stadtplanung werden Modelle sehr allgemein als dreidimensionale Strukturen in verschiedenen Maßstäben definiert (Goode, 2009). Die heutige Definition des Modells grenzt sich damit von seinem Wortursprung vom Italienischen „modello“ ab, das oft gleichwertig mit „disegno“ verwendet wurde und sich auch auf eine Zeichnung beziehen konnte (Binding, 1993). Der Begriff des Modells kann darüber hinaus heute sowohl physische wie virtuelle Modelltypen umfassen (Morris, 2006). In der Folge wird unterschieden zwischen analogen, physischen Modellen, die im realen Raum existieren und eine greifbare Materialität besitzen, und digitalen, virtuellen Modellen, die im virtuellen Raum existieren und nur über ein Ausgabemedium wie den Bildschirm erfassbar sind.

### 2.1. Das physische Modell

Physische Modelle dienen im Rahmen des architektonischen und städtebaulichen Entwurfs vor allem als Darstellungs- und Kommunikationsmittel (Dunn, 2007). Dabei werden Modelle nicht nur als direkte, verkleinerte Darstellungen des fertigen Entwurfs eingesetzt, sondern auch zur Beschreibung von konzeptuellen Informationen. Das physische Modell kann als die räumliche, tangible Darstellung und Umsetzung einer abstrakten Idee und Zeichnung gesehen werden (Eissen, 1990). Es bringt die Idee in den Raum, lässt sie greifbar, fühlbar und erlebbar werden und gibt uns damit die Möglichkeit, sie einfach zu manipulieren oder spielerisch zu verändern, zu beobachten, zu evaluieren und in ihrer Räumlichkeit zu beurteilen.

Die direkte Raumerfahrung ist einer der Hauptvorteile des physischen Modells, da sie wichtig ist für das Verständnis von Architektur (Rasmussen, 1980). Die formalen und räumlichen Probleme existieren hierbei analog zum realen Gebäude. Zusätzlich entleiht das Modell Eigenschaften der realen Welt, wie Größe, Form, Farbe und Textur. Dadurch kann das Modell vom Betrachter einfach verstanden und entziffert werden (Dunn, 2007).

Neben seiner darstellenden Funktion kann das physische Modell während des Entwurfsprozesses auch vom Architekten als gestalterisches Werkzeug eingesetzt werden, um „räumliche Erscheinungen sichtbar zu machen und zu kontrollieren“ (Eissen, 1990, S. 19). Es kann ähnlich der Skizze als Experimentierwerkzeug dienen, um innere und äußere Form, Struktur, Oberfläche und Belichtung zu untersuchen. An flexiblen Teilen lassen sich Varianten testen, Räume im kleinen Maßstab verändern und variieren (Knoll & Hechinger, 2006). Darüber hinaus lassen sich anhand eines dreidimensionalen Modells komplexe visuelle Be-

ziehungen verstehen, die in der zweidimensionalen Zeichnung schwierig zu erkennen sind (Dunn, 2007).

## 2.2. Das digitale Modell

Unter einem digitalen Modell kann man das im Rahmen von CAD- oder Modellierungsprogrammen existierende interne, digitale Datenmodell zur Beschreibung der physikalischen Form des Gebäudes verstehen (Negroponte, 1970). Unterscheiden kann man digitale Modelle in Geometriemodelle und Gebäudemodelle, die im Allgemeinen mit unterschiedlichen Softwaresystemen erstellt werden und unterschiedliche Funktion im Arbeitsprozess erfüllen (Schneider, 2009). Geometriemodelle stehen dabei dem physischen Modell in Gestalt und Funktion näher, Gebäudemodelle haben sich hingegen aus der digitalisierten Zeichnung entwickelt.

Bei Geometriemodellen handelt es sich um Modelle aus geometrischen Objekten, die vor allem mit sogenannten 3D-Modellierungsprogrammen, wie 3ds Max, Maya oder CINEMA 4D, erstellt werden. Innerhalb des Entwurfsprozesses dienen sie insbesondere der Visualisierung und Kommunikation des Entwurfs und werden eingesetzt um realistische Renderings oder Animationen zu erstellen. Modellierungsprogramme wie Rhinoceros und sein Plug-In Grasshopper unterstützen parametrische sowie algorithmische Entwürfe, bei denen das digitale Modell als gestalterisches Werkzeug und Hilfsmittel eingesetzt wird.

Gebäudemodelle sind hingegen bauteilorientierte Modelle, mit denen sich zusätzliche Informationen zum Gebäude verknüpfen lassen, wie Material, Aufbau etc. bis hin ins Detail. Mit sogenannten CAD-Programmen, wie AutoCAD oder ArchiCAD, und insbesondere auch Planungssoftware, wie Revit und Allplan, können Gebäudemodelle erstellt werden. Digitale Gebäudemodelle können in der weiteren Ausführungsplanung eingesetzt werden. Besondere Bedeutung kommt in dieser Hinsicht dem Building Information Modeling (BIM) zu, das den Arbeitsfluss im Planungsprozess und den Austausch zwischen verschiedenen Projektteilnehmern erleichtert (Autodesk; Graphisoft Deutschland GmbH).

Digitale Modelle unterstützen darüber hinaus auch das Verständnis und die kritische Betrachtung einer Entwurfslösung, d.h. auf ihrer Basis lassen sich quantitative Analysen durchführen, um die Effizienz und Performance des Gebäudeentwurfs zu testen (Szalapaj, 2001). Diese Werkzeuge können in verschiedenen Stadien des Entwurfs eingesetzt werden. Aufgrund der Analyseergebnisse können wichtige Entscheidungen zur weiteren Entwicklung des Entwurfs getroffen werden (Szalapaj, 2001).

### 2.3. Der Städtebauliche Entwurfskontext

Der thematische Fokus der vorgestellten Arbeit lag auf einer modellbasierten Unterstützung des städtebaulichen Entwurfs. Stadtplanerische Aufgabenstellungen stellen besondere Anforderungen an den Entwurf, denn städtebauliches Entwerfen beschäftigt sich mit dem Schaffen eines physischen Rahmens, den „*topologischen Bedingungen für die räumliche Organisation der lokalen Gesellschaft*“ (Curdes, 1995, S. 10).

Der Architekt und Planer kann die komplexen urbanen Problemstellungen jedoch nicht ohne Hilfsmittel erfassen. Als Hilfsmittel hierzu dienen Analysen des Planungsgebietes hinsichtlich verschiedener Kriterien (Schwalbach, 2009). Die Analysen liefern zunächst eine abstrakte Abbildung der Stadt, durch die sich die anfängliche Aufgabenstellung präzisieren lässt. Sie bilden auch die Grundlage für die weitere Planung und Lösungsfindung.

Der Entwurfsprozess gliedert sich in mehrere Phasen und entwickelt sich in der Regel vom größeren Maßstab in den kleineren, d.h. beispielsweise vom groben Konzept auf Parzellenebene bis hin zum detaillierteren Entwurf der Gebäude. Teil des Entwurfsprozesses ist auch die kontinuierliche Überprüfung und Analyse der städtebaulichen Lösung nach bestimmten Kriterien und eine damit verbundene Revision und Überarbeitung.

Im Rahmen des Entwurfs wird häufig auf physische Modelle als Werkzeug und Darstellungsmittel zurückgegriffen. Charakteristisch für städtebauliche Modelle ist die Einbindung der Baukörper in die Umgebung und die bestehende Bebauung (Knoll & Hechinger, 2006). Sie beschreiben die Baukörpergruppen und deren Beziehungen zueinander sowie die resultierenden Platz- und Zwischenraumsituationen in den unterschiedlichen Entwurfsstadien (Knoll & Hechinger, 2006).

Im städtebaulichen Konzeptmodell wird zunächst die räumliche Verteilung und funktionale Anordnung der Baumassen im stadträumlichen Kontext untersucht. In Arbeitsmodellen werden dann Alternativen getestet. Das Entwerfen am physischen Modell entspricht dabei einer fast spielerischen Auseinandersetzung mit möglichen städtebaulichen Anordnungen durch hin und her schieben von nicht näher detaillierten Volumenkörpern im städtebaulichen Kontext, d.h. im Geländemodell oder auf einer Plangrundlage.

Die eigentliche Bearbeitung und Entwicklung der Entwurfslösung findet vorwiegend am Computer statt. Konzept- bzw. Arbeitsmodelle müssen hierzu digitalisiert bzw. das digitale Modell nach weiterer Bearbeitung als Arbeitsmodell wieder analog umgesetzt werden, um räumliche Charakteristiken evaluieren zu können. Der Arbeitsprozess wechselt zwischen analogen und digitalen Modellen hin und her, ohne dass beide konkret verbunden wären.

Es entsteht hier eine prozessuale Lücke, d.h. eine Unterbrechung des Arbeits- und Kreativitätsflusses.

Das Ziel des Augmented Urban Models ist, diese Lücke zu schließen und einen dynamischen Übergang zwischen physischer und analoger Modellwelt zu ermöglichen. Es soll die kreativ und ästhetisch orientierten sowie die funktionalen und analytischen Lösungsprozesse des Entwerfers in verschiedenen Entwurfsphasen unterstützen, indem das physische und digitale Modell über ein gemeinsames Interface verknüpft werden. Das Augmented Urban Model baut dabei auch auf Forschungsansätzen und frühen Projekten aus dem Gebiet der Tangible User Interfaces (TUI) auf.

### 3. Tangible User Interfaces (TUI)

TUIs überlagern und koppeln physische Objekte mit digitalen Informationen. Die physischen Objekte dienen dabei häufig gleichzeitig als Eingabe- sowie Ausgabeelemente und besitzen neben dem objektbedingten physischen Feedback ebenfalls eine digitale Feedbackkomponente in Form eines visuellen oder auditiven Feedbacks der Aktion (Shaer & Hornecker, 2009). Ullmer (2002) unterscheidet drei unterschiedliche Ansätze bzw. Typen von TUIs: interaktive Oberflächen (*interactive surfaces*) (Reactable Systems; Underkoffler & Ishii, 1999; Ullmer & Ishii, 1997), bausteinbasierte Anordnungen (*constructive assemblies*) (Aish & Noakes, 1984; Frazer, 1995; Raffle et al, 2004) und *Token + Constraint* Systeme (Perlman, 1976).

TUIs entwickelten sich aufgrund der Problemstellung, dass durch die allgegenwärtigen Eingabemedien Maus und Tastatur sowie Graphical User Interfaces (GUI) unterschiedliche Aufgaben mit ein und demselben Werkzeug und derselben Geste erfüllt werden (Wellner et al, 1993). Mit diesem Problem einher geht der Verlust der sinnlichen Wahrnehmung und der Vielfalt der Interaktion bei der Lösung unterschiedlicher Aufgaben. Ferner wird die sinnliche Wahrnehmung auf das Visuelle, auf den Bildschirm, beschränkt und die Interaktion durch Maus und Tastatur begrenzt (vgl. Bruns, 1993).

Die ganzheitlich sinnliche Wahrnehmung und der Umgang mit Form und Material spielen jedoch eine bedeutende Rolle für das Handeln und das Begreifen, d.h. die Beherrschung von Arbeitsprozessen und die Erfahrungsbildung (Bruns, 1993). Studien haben gezeigt, dass eine gestenreiche Interaktion die Kreativität fördern kann (Wang & Nass, 2005). Eine Einschränkung von Gesten und Bewegungsmöglichkeiten behindert auch den kreativen Denkprozess des Nutzers (Klemmer et al, 2006).



Kim und Maher (2008) haben darüber hinaus anhand einer Studie, in der die Bearbeitung von architekturrelevanten 3D Modellierungsaufgaben betrachtet wurden, gezeigt, dass TUIs im Vergleich zu GUIs einen positiven Einfluss auf die räumliche Wahrnehmung haben, die die Problemlösungsfähigkeit des Nutzers unterstützt. Der Einsatz von TUIs führt zu kreativeren Lösungen und experimentelleren Lösungsprozessen.

Obwohl TUIs sich erst seit Mitte der 1990iger Jahre als Forschungsrichtung etablierten, datieren ihre Vorläufer bis in die 1970iger und 1980iger Jahre zurück (Hornecker, 2008). Zu den Vorläufern gehören auch die Arbeiten von Aish und Frazer, die sich mit benutzerorientierten Alternativen für CAD-Anwendungen beschäftigten. Das Building Block System (Aish, 1979; Aish & Noakes, 1984) ist ein Bausteinbasiertes System, mit dem der Nutzer Modelle erstellen kann. Frazer (1995) beschäftigte sich ab Ende der 70iger Jahre mit intelligenten, physischen Modellersystemen. In diesen Projekten stand vor allem die Weiterentwicklung bzw. die Verbesserung der Usability im Mittelpunkt. Eine weitere Motivation von TUI Projekten mit architektonischem und städtebaulichem Hintergrund bestand darin, die dargestellten Entwürfe oder Prozesse besser visualisieren und sie damit auch Nichtfachleuten kommunizieren und für diese erfahrbar machen zu können.

Zu den frühen Beispielen der 1990iger Jahre zählt das metaDESK mit der Tangible Geospace Anwendung, in der über physische Icons mit einer Landkarte des MIT-Campus interagiert werden konnte (Ullmer & Ishii, 1997). Das metaDESK ist eine interaktive Oberfläche, die aus einem Tisch mit eingelegter Plexiglasplatte als Anzeigemedium bestand, auf den über Rückprojektion zweidimensionales Kartenmaterial projiziert wurde.

Die typischen Interface Elemente Fenster, Icons, Ziehpunkte, Menüs und Steuerelemente wurden in physische Form gebracht und körperlich erfahrbar gemacht. Physische Objekte, sogenannte phycons und Instrumente erlaubten die Manipulation der angezeigten Daten (Ullmer & Ishii, 1997).

In einem ähnlich gelagerten Projekt, dem Stadtplanungstool Urp (Underkoffler & Ishii, 1999), wurden physische Tokens wie Gebäudemodelle eingesetzt, welche die verknüpften Daten nicht nur visualisierten, sondern auch direkt repräsentierten. (vgl. Shaer & Hornecker, 2009, S. 9) Das System wurde mit Simulationssoftware gekoppelt, um viele der relevanten Problemstellungen in Architektur und Stadtplanung abzudecken wie zum Beispiel Sonnenstand und Schattenwurf von Gebäuden zu bestimmten Uhrzeiten, Windströmung auf Fußgängerniveau oder Reflektionen von Glasfassaden (Underkoffler & Ishii, 1999). Eine Verschiebung des auf dem Tisch platzierten Gebäudes führte zu einer Anpas-

sung des digitalen Schattens. Über physische Tokens konnten zusätzliche Kriterien festgelegt und verändert werden (Underkoffler & Ishii, 1999).

Die ebenfalls am MIT entwickelten Projekte *Illuminating Clay* und *Sandscape* dienen der Analyse und Simulation von Landschaftsmodellen. Es handelte sich hierbei um organische TUIs, die formbare Materialien statt vorgegebene, feste Körper als Interaktionsmedien einsetzen und deren Oberflächen der Nutzer entsprechend der gewünschten Landschaftstopografie anpassen konnte (Piper et al, 2002; Shaer & Hornecker, 2009). Die sich verändernde Oberflächengeometrie wurden in Echtzeit von einem Laserscanner eingelesen. Das Tiefenbild wurde vom Computer in ein digitales Modell umwandelt, das anschließend als Basis für verschiedene Landschaftsanalysen diente (Piper et al, 2002). Die Analyseergebnisse wurden zurück auf die Oberfläche projiziert und dynamisch an Veränderungen der Oberfläche angepasst (Ishii et al, 2004).

#### 4. Augmented Urban Model

In „*The Architecture Machine*“ schlägt Negroponte (1970) ein Interface vor, das eine direkte, flüssige und natürliche Interaktion zwischen dem Architekten und dem Computer ermöglicht. Diese Interaktion erfordert kein Spezialwissen und erfolgt jenseits der gängigen Eingabemedien. Stattdessen würde die Entwurfsaufgabe „*in the designer's own idiom*“ (Negroponte, 1970, S. 9) bearbeitet. Dies würde, nach Negroponte (1970), in einen dynamischen Dialog und Ideenaustausch zwischen Mensch und Maschine resultieren.

Wie im vorangegangenen Kapitel gesehen, wurden schon relativ früh in der Geschichte der TUI Konzepte und Projekte entwickelt, die sich mit architektonischen und stadtplanerischen Aufgaben- und Fragestellungen auseinandersetzten und dieser Vision von der *Architecture Machine* nahe kamen. Dabei können physische Modelle und virtuelle Informationen auf verschiedene Arten verknüpft werden. Während sich modulbasierte TUIs (vgl. *Building Block* und *Intelligent Physical Modelling Systems*) vor allem zur Simulation, Analyse oder Beschreibung von Gebäudeteilen oder Gebäuden eignen, sind für städtebauliche Fragestellungen, Analysen und Simulationen interaktive Oberflächen wie die am MIT entwickelten Projekte *Urp* und *Illuminating Clay* interessant. Das *Augmented Urban Model* baut auf diesen Forschungsansätzen konzeptuell und technisch auf.

##### 4.1. Konzept

Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben, ist das Ziel des *Augmented Urban Models* einen dynamischen Übergang zwischen physischer und analoger Modellwelt zu ermöglichen. Die

Interaktion mit dem Augmented Urban Model ist an der herkömmlichen Arbeitsweise mit dem physischen Modell ausgerichtet, so dass das Interface an sich zugunsten der Interaktion in den Hintergrund tritt. Das Interface soll dem Nutzer des Systems die größtmögliche entwerferische Freiheit bieten. Der Entwerfer kann Elemente aus verschiedenen Materialien, in verschiedenen Größen, Formen und Farben verwenden und auf der interaktiven Oberfläche des Augmented Urban Models platzieren.

Der haptische Umgang mit physischen Modellelementen bildet beim Augmented Urban Model die konzeptuelle Basis für die Nutzerinteraktion. Diese physischen Elemente des städtebaulichen Modells existieren gleichzeitig als digitale Elemente eines digitalen Modells. Sie stellen Repräsentanten und Manipulatoren dieser digitalen Elemente dar, mit denen sie logisch verknüpft sind. Werden die Elemente im physischen Modell verändert, so passt sich ihre digitale Repräsentation dynamisch den veränderten Bedingungen an. Die Interaktion basiert dabei auf den aus der physischen Welt bekannten Interaktionsmustern Verschieben, Drehen, Hinzufügen und Wegnehmen.

Ermöglicht die physische Modellanordnung vor allem ein gutes Verständnis der räumlichen Bezüge zwischen den Volumenkörpern, so können die auf Basis der digitalen Elemente berechneten Analyse- oder Simulationsergebnisse zusätzliche Faktoren einer Planung aufzeigen. Die Analyse- und Simulationsergebnisse werden hierzu zurück in den realen Raum projiziert, so dass sie die physische Anordnung überlagern. Diese visuelle, räumliche Kopplung der physischen und digitalen Informationen erlaubt es dem Planer sich ein umfassendes Bild von der Performance seiner Lösung zu machen. Dabei zieht eine Manipulation der physischen Elemente auch die dynamische Anpassung der Analyse- und Simulationsergebnisse nach sich, auf die der Nutzer seinerseits reagieren kann.

Zusätzliche Interaktionsmöglichkeiten ergeben sich durch die Verwendung von Markern und durch Berührungserkennung. Marker ermöglichen die Auswahl von Analysen und Simulationen. Berührungsgesten erlauben die Interaktion mit der interaktiven Oberfläche, wie die Auswahl von Simulationseigenschaften und des dargestellten Kartenmaterials.

## 4.2. Prototyp

Im Rahmen unserer Untersuchungen entwickelten wir eine prototypische Anwendung, die an einem Rückprojektionstisch<sup>1</sup> an der Professur für Informatik in der Architektur der Bauhaus Universität Weimar umgesetzt wurde. Zur Erkennung und Übermittlung von Fingerberührungen und mit Fiducials bedruckten Markern wurde die reactIVision Software einge-

---

<sup>1</sup> <http://mediaarchitecture.de/projekte/raumstation-ein-interaktiver-tisch-fur-die-bauhaus-universitat-weimar/>

setzt. Die Trackinginformationen werden über das TUIO-Protokoll an einen Laptop übermittelt, der das visuelle Feedback, d.h. die Tischprojektion, steuert.

Im Beispiel des Urban Planning Tools Urp wurden physische Objekte über ihre zugeordneten Marker erkannt. Dies setzte voraus, dass die Geometrie der Objekte vorher zusammen mit der Marker ID festgelegt und als Geometrieobjekt im Rechner abgespeichert wurde. Folglich ließen sich nur vordefinierte Körper bzw. Modellelemente verwenden und erkennen, wodurch der kreative Entwurfsprozess stark eingeschränkt wurde. In den Projekten Sandscape und Illuminating Clay konnte der Nutzer die Oberflächen hingegen frei gestalten. Die Oberflächentopografie wurde durch einen Laserscanner in Echtzeit digitalisiert. Dies bot eine größtmögliche Flexibilität in der Interaktion mit der Landschaft sowie den auf projizierten Simulationen.

Eine aktuelle, preisgünstige Alternative zu Laserscannern bietet der Kinect Sensor von Microsoft (Microsoft Deutschland GmbH). Kinect ist ein neuartiger Controller für die Spielekonsole Xbox 360, mit dem ein Spieler allein durch Körperbewegung und über Gesten ein Spiel kontrollieren und bedienen kann. Der Kinect Sensor verfügt über eine RGB-Kamera, einen Tiefensensor und ein Mikrofon, die Ganzkörper-, Bewegungs-, Tiefen-, Gesichts-, Gesten- und Spracherkennung erlauben. Im Rahmen dieses Projekts wurde der Kinect Sensor zur Tiefen- und Objekterkennung eingesetzt und über einen USB-Port an den Laptop angeschlossen, von dem die Sensordaten ausgewertet, verarbeitet und anschließend grafisch über den Beamer ausgegeben wurden. Ein Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 zu sehen. Im Setup wurde die Kinect über dem Touch Table angebracht.



Abb. 1: Versuchsaufbau

Als Beispielanwendung wurde eine einfache städtebauliche Verschattungssimulation implementiert. Die Anwendung wurde in Visual Studio 2010 entwickelt und mit CSharp programmiert. Neben dem CLNUI SDK zur Kommunikation mit dem Kinect Sensor wurde der TUIO Client zur Erkennung und Übermittlung von zusätzlichen Berührungsevents und Markern sowie die OpenCV Bibliothek zur Formerkennung der Objekte eingesetzt.

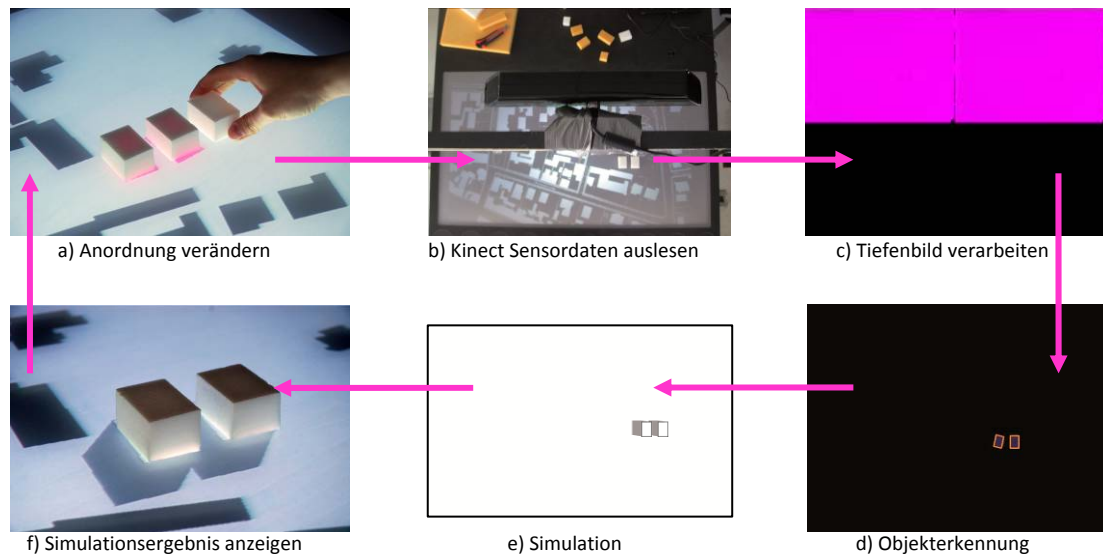


Abb. 2: Ablaufschema

Der interne Programmablauf gestaltet sich wie in Abbildung 2 dargestellt. Zuerst wird das durch den Kinect Sensor (b) übermittelte Tiefenbild (c) weiterverarbeitet. Mithilfe der Funktionalitäten der OpenCV Bibliothek wird eine Formerkennung durchgeführt (d). Für die prototypische Anwendung wurde zunächst die Objekterkennung für rechteckige Elemente umgesetzt. Das System selbst soll später jedoch die Verwendung und Erkennung freier Formen erlauben. Die erkannten Umrisse werden zusammen mit den entsprechenden Höheninformationen aus dem Tiefenbild und ihrer Lage als digitale Modellelemente abgespeichert.

Auf Basis der digitalen Modelldaten, der planspezifischen geografischen Koordinaten und der Sonnenstandsdaten werden die von den Objekten geworfenen Schatten berechnet (e) und auf der interaktiven Tischoberfläche ausgegeben (f). Die Verschattung kann durch Sonnenstände zu einem bestimmten Zeitpunkt, als animierte Bewegungen über den Tagesablauf hinweg oder als jährliche Schattenkarte dargestellt werden.

Werden die physischen Objekte während der Simulation verschoben oder verändert, so wird über die Objekterkennung das digitale Modell angepasst. Anschließend findet eine Neuberechnung und Anpassung der Schatten und der grafischen Ausgabe statt.

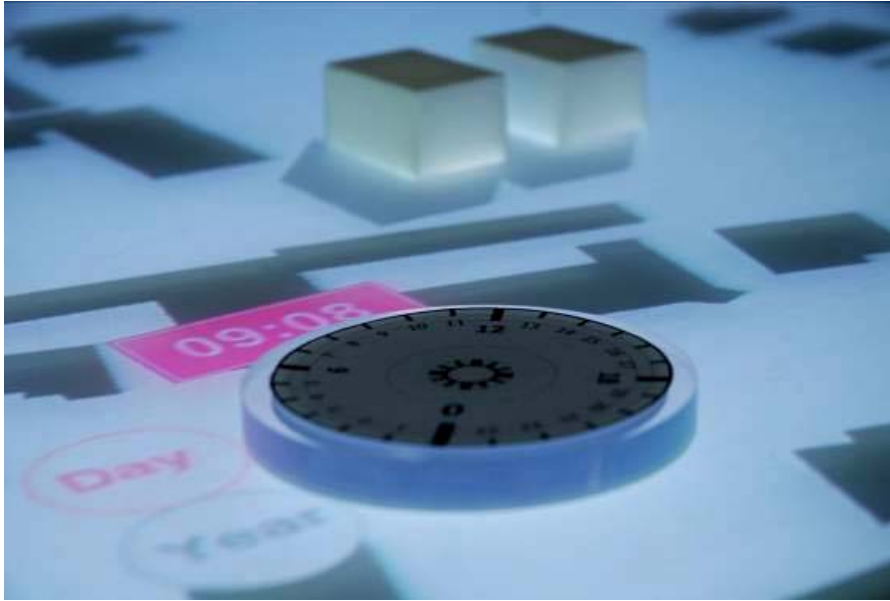


Abb. 3: Schattensimulation

#### **4.3. Weitere Anwendungsszenarien und mögliche Einbindung des Augmented Urban Model in den Entwurfsprozess**

Das Augmented Urban Model kann in verschiedenen Phasen des städtebaulichen Entwurfs und zu verschiedenen Zwecken eingesetzt werden: Zur Unterstützung des Entwurfsprozesses in Analyse- und Entwicklungsphasen und der Kooperation und Kommunikation zwischen verschiedenen betroffenen Personengruppen.

Analysen des Planungsgebietes sind Grundlage jeder städtebaulichen Entwurfsaufgabe. Dies bedeutet Informationen zur Problemstellung zu sammeln und aufzubereiten (Curdes, 1995). Die Analysen beruhen dabei auf Betrachtungen und Wahrnehmungen der Stadtstrukturen sowie der Stadtmorphologie aber auch auf der Auswertung wissenschaftlicher Messungen und Daten (Schwalbach, 2009).

Als Hilfsmittel stehen insbesondere maßstäbliche Karten, z.B. Schwarzpläne, topografische Karten oder Liegenschaftskarten, zur Analyse des Gebiets und zur späteren Verortung der Ergebnisse im Fokus der Betrachtungen. Um daraus eine qualitative Bewertung des Bestands zu ermöglichen, werden in der Stadtplanung Schichtenanalysen eingesetzt. Unter Schichtenanalysen versteht man, dass funktionale und räumliche Aspekte, die sich im Stadtraum und in der Stadtstruktur überlagern, getrennt voneinander analysiert und dargestellt werden. Zu den im Allgemeinen betrachteten Hauptaspekten einer Stadtanalyse gehören beispielsweise Bau- und Erschließungs-, Verkehrs-, Nutzungs- und Siedlungsstrukturen (Schwalbach, 2009; Curdes, 1995).

Neben den jeweiligen Analysebereichen interessieren insbesondere auch die Wechselwirkungen zwischen einzelnen Kriterien, um Ursachen von urbanen Konflikten und Fehlentwicklungen zu erkennen. Eine wichtige Rolle für die Auswertung der Ergebnisse spielt daher die grafische Darstellung, welche ihre räumliche Bedeutung veranschaulicht und die Merkmale verortet (Schwalbach, 2009). Die Ergebnisse werden in der Regel mit der Karte grafisch überlagert.

Die meisten zur oben beschriebenen städtebaulichen Analyse benötigten Pläne und Daten sind inzwischen digital erhältlich. Diese digitalen Daten können in Geoinformationssystemen (GIS) erfasst, verwaltet, dargestellt und analysiert werden (Eisenberg & Brombach, 2010). Eine mögliche Nutzung des Augmented Urban Model besteht folglich darin, diese digitalen Daten und Analysen vom Bildschirm in den von der interaktiven Oberfläche gebotenen räumlichen Kontext zu überführen. Durch die horizontale Anordnung erhalten die digitalen Informationen einen Kartencharakter. Dabei lassen sich die Karten verschieben, zoomen und auswählen und die Analyseergebnisse als Layer zur Verfügung stellen, die durch Auswahl dem ausgewählten Kartenmaterial überlagert und kombiniert werden können.

Basierend auf den Analysen und den erkannten städtebaulichen Problemstellungen werden in der Regel erste Entwurfsideen generiert und deren räumliche Verteilung und funktionale Anordnung am Modell untersucht. Dies geschieht mithilfe einfacher Klötzchen aus flexiblen, einfach zu formenden bzw. zuzuschneidenden Materialien, die in der Regel auf einer Planunterlage angeordnet werden. Das Augmented Urban Models baut auf demselben Interaktionsmodell auf und kann dadurch den Entwerfer in diesen frühen Entwurfsphasen unterstützen. Genau wie am herkömmlichen physischen Modell können frei geformte Elemente auf der interaktiven Tischoberfläche angeordnet werden. Die interaktive Oberfläche dient dabei als Plangrundlage. Der Nutzer kann dabei zwischen den verschiedenen Planansichten auswählen und sich nach Bedarf zusätzliche Informationen, d.h. Analyseergebnisse einblenden lassen.

Die physische Anordnung der städtebaulichen Lösung wird eingescannt und als digitales Modell gespeichert. Denkbar ist ein Versionenmanagement durch das Varianten und Alternativen gespeichert und als digitale Repräsentation wieder aufgerufen werden können. Der Entwurfsprozess wird dadurch nachvollziehbar und erlaubt es verschiedene Entwurfszweige zu verfolgen und zu entwickeln. Durch Anbindung an ein bestehendes Modeling Programm ließ sich die Verknüpfung der Arbeitsprozesse weiter verbessern.

Der Architekt kann von Simulationen, sofern die ihnen unterliegenden Regeln und Parameter korrekt sind, als eine Art Pretesting profitieren (Negroponte, 1970). Analysiert und simuliert werden Kriterien, die sich aus der städtebaulichen Anordnung für den Stadtraum ergeben, wie Sonnenlicht, Verschattung und Belichtung, Zugänge und Anbindungen, Einsichten und Sichtbeziehungen, klimatische und andere ökologische bzw. energetische Kriterien. Durch das Augmented Urban Model lassen sich verschiedene Simulations- und Analyseergebnisse im Modell verorten und erleichtern damit die Überprüfung der Performance eines städtebaulichen Entwurfs. Insbesondere erleichtert es auch den Einsatz von Simulationen und Analysen in frühen Entwurfsphasen, da der Aufwand, der sich aus der Eingabe und Veränderung der Daten und Varianten ergäbe, entfällt.

Der städtebauliche Entwurfs- und Planungsprozess ist ein kommunikationsintensiver und interaktiver Prozess, der die Zusammenarbeit zwischen allen beteiligten Personen, vom Planungsteam über Kooperationspartner und wichtige Entscheidungsträger bis hin zur Gemeinde fordert. Die einfachen Interaktionsstrukturen des Augmented Urban Models sowie seine eingängige Darstellung abstrakter digitaler Informationen in physischer Form erlauben es auch Nichtfachleuten komplexe, städtebauliche Sachlagen zu verstehen. Dadurch kann es eingesetzt werden, um den Dialog mit und die Einbindung von verschiedenen externen Interessensvertretern in den Planungsprozess zu unterstützen.

Das Augmented Urban Model kann darüber hinaus im Rahmen der internen Zusammenarbeit die Kommunikation zwischen den Teammitgliedern unterstützen und als Grundlage zur Diskussion von Entwurfs-, Design- und Performanceentscheidungen dienen. Entwürfe lassen sich schnell anhand des physischen Modells besprechen und mit zusätzlichen computergestützten Hilfsmitteln und Anzeigoptionen überprüfen.

Durch die räumliche Verteilung der Eingabeelemente existiert kein „Gatekeeper“, der wie bei durch Maus und Tastatur bedienten Interfaces die alleinige Kontrolle und Ausführungsgewalt über Eingaben, Änderungen und Anzeigen besitzt. Änderungen müssen gemeinsam durchgeführt werden (vgl. Maquil et al 2008). Jedes Teammitglied kann sich an der Lösungsfindung bzw. -optimierung durch haptische Manipulation der Modellelemente und Auswahl von Karten- und Analysematerialien beteiligen (Maquil et al, 2008).

## **5. Schlussbetrachtung**

Wie in diesem Arbeitspapier dargelegt, erfüllen physische und digitale Modelle im architektonischen und städtebaulichen Entwurfs- und Planungsprozess unterschiedliche Funktionen und Zwecke. Während physische Modelle vor allem Darstellungs- und Kommu-



nikationsmittel sowie Entwurfswerkzeug sind, können digitale Modelle darüber hinaus als Analysegrundlage und Planungswerkzeug dienen.

Die Vorteile physischer Modelle liegen vor allem in ihrer physischen und räumlichen Präsenz, die das Verständnis des dreidimensionalen Entwurfskonzepts unterstützt. Die physische Repräsentation der Baukörper ermöglicht die Einschätzung und Erfahrung des Raums, die durch virtuelle Mittel bisher nicht erreicht werden können. Anders als zweidimensionale digitale oder analoge Darstellungen, ist das physische Modell direkt erfahrbar und manipulierbar. Es kann mit allen Sinnen wahrgenommen werden.

Das digitale Modell bezieht seine Vorteile aus der Flexibilität seiner Datenstruktur, deren Speicherung, Be- und Verarbeitung und Verteilbarkeit. Dynamische Analysen und Simulationen auf Basis des digitalen Modells helfen, die Performance eines Entwurfs zu verbessern. Digitale Modelle bieten damit informelle, strukturelle und funktionale Möglichkeiten, die wiederum statischen, physischen Modellen verwehrt bleiben.

Im heutigen architektonischen und städtebaulichen Arbeitsprozess werden physische sowie digitale Modelle ihren Qualitäten und Eigenschaften entsprechend eingesetzt. Der Arbeitsprozess wechselt dabei zwischen analogen und digitalen Modellen hin und her, ohne dass ein fließender Übergang zwischen diesen besteht. Durch das in Kapitel 4 vorgestellte TUI Konzept des Augmented Urban Model kann diese Unterbrechung des Arbeitsflusses geschlossen werden und ein dynamischer Übergang zwischen physischen und digitalen Welten geschaffen werden. Ermöglicht wurde die Umsetzung einer prototypischen Beispielanwendung insbesondere durch den Einsatz von herkömmlicher Unterhaltungselektronik.

Im Allgemeinen können TUIs in der Interaktion mit digitalen Daten eine neue Nutzererfahrung schaffen, die kontextbezogen auf die individuellen Charakteristiken des Aufgabengebietes eingeht. TUIs führen dabei die durch Maus und Tastatur weitgehend verloren gegangenen haptischen Qualitäten in den Arbeitsprozess zurück und interpretieren sie neu.

Das Augmented Urban Model erlaubt die physische, räumliche Auseinandersetzung mit dem Entwurf in der Lösungsfindung und unterstützt die Einbindung von Analysen und Simulationen insbesondere in frühen Entwurfsphasen, in denen sie noch den größten Einfluss auf die spätere Performance des städtebaulichen Entwurfs entwickeln können. Das physisch-digitale Mapping baut auf den herkömmlichen Interaktionsprinzipien des Umgangs mit physischen Modellelementen auf. Dadurch kann das Augmented Urban Model Architekten und Planer in verschiedenen Phasen aber auch in ihrer Kommunikation mit Nichtfachleuten unterstützen, da es einfach zu verstehen und zu handhaben ist.

Abschließend bleibt festzustellen, dass TUIs wie das Augmented Urban Model die in aktuellen Arbeitsprozessen nicht gekoppelten analog- physischen und digitalen Arbeitsschritte miteinander verbinden können. Insbesondere in der Architektur und im Städtebau, in denen eine starke Tradition des haptischen Arbeitens und Entwerfens am Modell existiert, werden so die computergestützten Hilfsmittel wieder in den räumlich-physikalischen Kontext zurückgeführt.

## Referenzen

- Aish, R. (1979). 3D input for CAAD systems. *Computer-aided Design vol. 11, no. 2*, p. 66 - 70.
- Aish, R., & Noakes, P. (1984). Architecture without numbers – CAAD based on a 3D modelling system. *Computer-aided Design, Vol. 16, no. 6*, p. 321 - 328.
- Binding, G. (1993). *Baubetrieb im Mittelalter*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Bruns, F. W. (1993). *Über die Rückgewinnung von Sinnlichkeit: Eine neue Form des Umgangs mit Rechnern*. Bremen: Universität Bremen, Forschungszentrum Arbeit und Technik (artec).
- Curdes, G. (1995). *Stadtstrukturelles Entwerfen*. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH.
- Dunn, N. (2007). *The Ecology of the Architectural Model*. Bern, Switzerland: Peter Lang AG.
- Eisenberg, B., & Brombach, K. (2010). Geoinformationssysteme in der Stadt- und Landschaftsplanung. In H. Bott, J. Jessen, & F. Pesch (Ed.), *Lehrbausteine Städtebau: Basiswissen für Entwurf und Planung* (p. 353-366). Stuttgart: Städtebau-Institut, University of Stuttgart.
- Eissen, K. (1990). *Architektur-Präsentation: Techniken der visuellen Darstellung*. Cologne: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH.
- Frazer, J. (1995). *An Evolutionary Architecture*. London: Architectural Association.
- Goode, P. (2009). *The Oxford Companion to Architecture, Volume 2: K-Z*. Oxford: Oxford University Press.
- Graphisoft Deutschland GmbH. (no date). *Das Virtuelle Gebäude Details*. Retrieved on 9 April 2011 from Graphisoft.de: [http://www.graphisoft.de/produkte/virtuelles\\_gebaude/details.html](http://www.graphisoft.de/produkte/virtuelles_gebaude/details.html)
- Hornecker, E. (2008). Die Rückkehr des Sensorischen: Tangible Interfaces und Tangible Interaction. In H. D. Hellige, *Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computerbedienung*. (p. 235 - 258). Bielefeld: transcript Verlag für Kommunikation, Kultur und soziale Praxis.
- Ishii, H., Ratti, C., Piper, B., Wang, Y., Biderman, A., & Ben-Joseph, E. (2004). Bringing clay and sand into digital design – continuous tangible user interfaces. *BT Technology Journal, Vol 22 No 4*, p. 287 - 299.
- Kim, M. J., & Maher, M. L. (2008). The Effects of a Tangible User Interface on Designers' Spatial Cognition. *Design Studies, Volume 29, Issue 3*, p. 222-253.
- Klemmer, S. R., Hartmann, B., & Takayama, L. (2006). How Bodies Matter: Five Themes for Interaction Design. *DIS 2006 Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems* (p. 140-149). New York, NY: ACM.
- Knoll, W., & Hechinger, M. (2006). *Architektur-Modelle*. Munich: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Maquil, V., Psik, T., & Wagner, I. (2008). The ColorTable – A Design Story. *Proceedings of the Second International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'08)* (p. 97-104). New York, NY: ACM.
- Microsoft Deutschland GmbH. (no date). *Kinect für Xbox 360*. Retrieved on 7 April 2011 from Xbox.com: <http://www.xbox.com/de-DE/kinect>
- Morris, M. (2006). *Architecture and the Miniature*. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Negroponte, N. (1970). *The Architecture Machine*. Cambridge, Massachusetts and London, England: MIT Press.

- Perlman, R. (1976). Using computer technology to provide a creative learning environment for preschool children. *Memo No. 360 / Logo Memo No. 24*. MIT AI Lab.
- Piper, B., Ratti, C., & Ishii, H. (2002). Illuminating Clay: A 3-D Tangible Interface for Landscape Analysis. *Proceedings of CHI 2002* (p. 355–362). New York, United States: ACM.
- Raffle, H. S., Parkes, A. J., & Ishii, H. (2004). Topobo: A Constructive Assembly System with Kinetic Memory. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (p. 647–654). New York, NY: ACM.
- Rasmussen, S. E. (1980). *Architektur Erlebnis*. Stuttgart: Karl Krämer Verlag.
- Reactable Systems. (no date). *Reactable*. Retrieved on 13 April 2011 from <http://www.reactable.com/>
- Schneider, S. (2009). Entwerfen am Computer? Eine virtuelle Entwurfsplattform zur Erleichterung des Umgangs mit digitalen Werkzeugen. *Diplomarbeit*. Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Architektur.
- Schwalbach, G. (2009). *Stadtanalyse*. Basel: Birkhäuser Verlag AG.
- Shaer, O., & Hornecker, E. (2009). Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction Vol.3, Nos. 1-2*, p. 1 - 137.
- Szalapaj, P. (2001). *CAD Principles for Architectural Design*. Oxford, Woburn: Architectural Press.
- Ullmer, B. (2002). Tangible Interfaces for Manipulating Aggregates of Digital Information. Massachusetts Institute of Technology.
- Ullmer, B., & Ishii, H. (1997). The metaDESK: Models and Prototypes for Tangible User Interfaces. *Proceedings of UIST '97*. New York, United States: ACM.
- Underkoffler, J., & Ishii, H. (1999). Urp: A Luminous-Tangible Workbench for Urban Planning and Design. *Proceedings of CHI '99* (p. 386 - 393). New York, United States: ACM.
- Wang, Q., & Nass, C. (2005). Less Visible and Wireless: Two Experiments on the Effects of Microphone Type on Users' Performance and Perception. *CHI 2005* (S. 809-818). New York, NY: ACM.
- Wellner, P., Mackay, W., & Gold, R. (1993). Computer-Augmented Environments. Back to the Real World. *Communications of the ACM 36 (7)*, p. 24-26.