media/rep/

Repositorium für die Medienwissenschaft

Eva Hornecker

Die Rückkehr des Sensorischen: Tangible Interfaces und Tangible Interaction

2008

https://doi.org/10.25969/mediarep/12334

Veröffentlichungsversion / published version

Sammelbandbeitrag / collection article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Hornecker, Eva: Die Rückkehr des Sensorischen: Tangible Interfaces und Tangible Interaction. In: Hans Dieter Hellige (Hg.): *Mensch-Computer-Interface: Zur Geschichte und Zukunft der Computerbedienung.* Bielefeld: transcript 2008, S. 235–256. DOI: https://doi.org/10.25969/mediarep/12334.

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Creative Commons - Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 3.0 Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu dieser Lizenz finden Sie hier:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0

Terms of use:

This document is made available under a creative commons - Attribution - Non Commercial - No Derivatives 3.0 License. For more information see:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

Philipps Universität Marburg

Die Rückkehr des Sensorischen: Tangible Interfaces und Tangible Interaction

Eva Hornecker

> *»We live in a complex world, filled with myriad objects, tools, toys, and people. Our lives are spent in diverse interaction with this environment. Yet, for the most part, our computing takes place sitting in front of, and staring at, a single glowing screen attached to an array of buttons and a mouse.«*
> (Wellner/Mackay/Gold 1993, S. 24)

Der Bildschirm war immer nur ein Fenster, durch das hindurch wir versuchen, in die virtuelle Welt hinein zu greifen, und den wir dabei nicht als ein materielles Ding wahrnehmen. Desktop-Systeme ebenso wie virtuelle Welten trennen alltägliche Lebenswelt und digitale Welt voneinander. Ungeachtet dessen, ob wir Texte schreiben, malen, dreidimensionale Gegenstände entwerfen, Statistiken berechnen oder einen Hochofen warten, tun wir dies mit immer den gleichen Bewegungen – Tippen auf der Tastatur, Bewegen der Maus und angestrengtem Starren auf den Bildschirm. Verloren gehen dabei die Vielfältigkeit unserer Alltagswelt, der Reichtum an Umgangsmustern mit der realen Welt sowie die körperliche, alle Sinne einbeziehende Interaktion mit Gegenständen.

In den letzten Jahrzehnten entstand ein gegenläufiger Trend zur Virtualisierung, der sich in vielfältiger Form äußert. Hierunter fallen Tangible Interfaces sowie in die Umwelt eingebettete Schnittstellen (pervasive, ubiquitous computing). Diese sollen gewohnte Umgangsformen mit Artefakten sowie deren Situiertheit in der Alltagswelt erhalten und zugleich unser Leben mit neuen Funktionen bereichern. Die reale, materielle Welt wird nicht ersetzt, sondern bereichert und erweitert. Sie bleibt Ausgangspunkt und integraler Bestandteil, erweitert um digitale Eigenschaften.

Tangible (User) Interfaces (kurz: TUIs) sowie *Tangible Interaction* als Gestaltungsansatz für Schnittstellen wählen Greifbarkeit, Ertastbarkeit (Engl.: tangibility) und körperliche Interaktion als grundlegendes Gestal-

tungsprinzip und verleihen digitalen Ressourcen materielle Form. Mit Tangible Interfaces agieren wir in unserer materiellen Umgebung und berühren das Interface selber. Die Faszination, die solche greifbaren Schnittstellen ausüben – erkennbar an ihrer wiederholten »Erfindung«, ihrer Medienwirksamkeit sowie dem regen Interesse bei Endanwendern – zeigt, dass sie einen willkommenen Gegenpol zur Virtualisierung aller Lebensbereiche bieten und ein menschliches Bedürfnis nach greifbarem Kontakt und körperlichem Umgang mit der Umwelt erfüllen.

Solche Systeme zu gestalten ist jedoch alles andere als einfach und stellt noch eine große Herausforderung dar. Computer und Software verschmelzen mit unserer Umwelt, verbinden sich mit allen möglichen Gebrauchsgegenständen. Die zunehmende Integration von Digitaltechnik in Haushaltsgeräte und andere Maschinen sowie der Trend zu immer kleineren, spezialisierten Computern machen es schon lange unmöglich, eine Grenzlinie zwischen mechanischen und digitalen Geräten zu ziehen. Alterprobtes Gestaltungswissen aus dem Bereich graphischer Schnittstellen und der Mensch-Computer-Interaktion lässt sich nicht ohne weiteres auf diesen neuen Bereich übertragen. Hardware und Software bilden eine Einheit und müssen entsprechend entworfen werden. Elektronik, Mechatronik und Produktdesign sind folglich ebenso gefragt wie die Informatik – die Entwicklung erfolgreicher Systeme bedarf der Zusammenarbeit verschiedenster Disziplinen. Dabei sind Tangible User Interfaces nur ein Ansatz unter vielen Formen des »Beyond the Desktop« oder des »Pervasive und Ubiquitous Computings«, die den Computer in die Alltagswelt integrieren (Dourish 2001). In diesem Beitrag wird daher die umfassende Perspektive der *Tangible Interaction* eingenommen.

Im Folgenden werden zunächst einige einführende Beispiele für Systeme aus dem Bereich der Tangible Interaction vorgestellt, welche die Bandbreite des Gestaltungsspektrums verdeutlichen. Anschließend wird die noch junge Geschichte dieses Forschungsbereichs skizziert. Abschließend wird der Wechsel der Perspektive vom Tangible *Interface* zur Tangible *Interaction* diskutiert sowie eine Schlussbetrachtung gegeben.

Tangible Interaction: Einige einführende Beispiele

Kerngedanke der Beschäftigung mit Tangible User Interfaces ist, anfassbare, greifbare Gegenstände für die Interaktion mit digitalen Repräsentationen und Informationen zu verwenden. Dies ermöglicht eine direkte, händische Manipulation der Daten. Die Schnittstelle soll nicht wie bisher zweidimensional und rein visuell sein, sondern dreidimensional und

haptisch-taktil erfahrbar. Der vorliegende Beitrag befasst sich nicht allein mit Tangible User Interfaces, sondern auch mit dem umfassenderen Bereich der Tangible Interaction. Letzterer beruht auf einem erweiterten Verständnis von *tangibility*, fokussiert auf die Interaktion anstelle der Schnittstelle (zu einer bereits vorhandenen Maschine) und greift darin Gedanken aus dem Produktdesign sowie der interaktiven Kunst auf. Die folgenden Beispiele sind bewusst breit gewählt, um die verschiedenen theoretischen Perspektiven und den Stil der resultierenden Systeme zu veranschaulichen.

Abb. 1: Urp: Die Umrissmodelle zweier Gebäude werfen Schatten; weiße Linien visualisieren die Windströmung. Jemand prüft die Windstärke – die Werte sind auf und neben der Windsonde zu sehen.

URP – ein interaktiver Planungstisch für Architekten

Eines der bekanntesten Tangible-Interface-Systeme ist das von Hiroshi Ishii und seiner »Tangible Media Group« am MIT Media Lab entwickelte *Urp* (Underkoffler/Ishii 1999). Das *Ur*ban *p*lanning-System unterstützt Stadtplaner und Architekten durch eine Simulationssoftware, deren Berechnungsergebnisse in ein händisch manipulierbares Modell eingeblendet werden. Die Planer positionieren Umrissmodelle von Gebäuden auf einem Tisch. Licht- und Schatteneffekte werden auf die Planungsfläche projiziert. Bewegt man die Modelle, bewegen sich auch ihre virtuellen Schatten. Zusätzliche Objekte dienen als Werkzeuge. So verwandelt die Berührung mit einem »Zauberstab« das Material einer Wand in Stein oder Glas. Etwaige Spiegelungen werden berechnet und in das Modell projiziert, ebenso wie Licht- und Schattenfall für die eingestellte Uhrzeit. So lässt sich beispielsweise prüfen, ob ein Innenhof genug Tageslicht erhält. Ferner wird die Windströmung durch kleine bewegte Striche dar-

gestellt, die anzeigen, ob sich zwischen und hinter Gebäuden Windwirbel oder Sog bilden. Die Windgeschwindigkeit wird in Zahlen neben eine »Wind-Sonde« eingeblendet. Eine »Windrose« gibt die Windrichtung vor. Auf diese Weise können die Konsequenzen von Designentscheidungen experimentell und spielerisch überprüft werden.

Dieses System ist vom Aufbau her recht typisch für viele TUIs. Dabei dient eine plane Fläche als Basis, auf der die Benutzer mit so genannten »Token« agieren (greifbaren Gegenständen, welche vom System registriert werden). Meist ist die Sensorik zur Erfassung der Token in die Arbeitsfläche integriert, oder Kameras filmen das Geschehen und speisen Bilderkennungssoftware. Urp ist ein gutes Beispiel für eine gelungene Aufteilung der Repräsentation in materielle und digitale Anteile – die Elemente, mit denen die Planer direkt interagieren wollen, sind durch greifbare Modellelemente und Werkzeuge verfügbar, während Simulationsergebnisse und veränderliche Werte projiziert werden.

Abb. 2: Zwei Personen spielen auf der Klaviatur, während ein Besucher hinter ihnen vorbeigeht und implizit in Interaktion tritt. (Hornecker/Bruns 2005)

Die Klaviatur - Körper agieren im Raum

Die *Klaviatur* wurde 2002 von Studierenden der Medieninformatik der Universität Bremen als Teil eines Ensembles von sieben Installationen erstellt (Hornecker/Bruns 2005). Ein ca. 800 qm großer Bereich im Bremer Wallanlagenpark verwandelte sich für drei Nächte in einen »sensorischen Garten«. Bei der »Klaviatur« handelte es sich um einen Pfad mit am Boden angebrachten, von den Besuchern unterbrochenen Lichtschran-

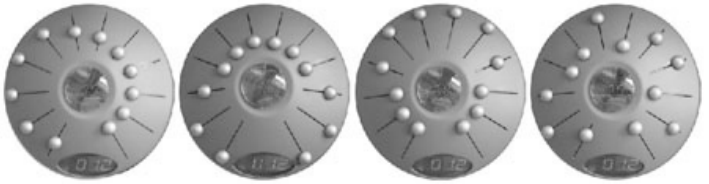
ken. Wer hier schlenderte, erzeugte ein Echo aus Farben, Licht und Klang. Bunte Scheinwerfer leuchteten, wo man den Fuß aufsetzte; verschiedene Drums und Beats erklangen. Viele Besucher tanzten, hüpften von Licht zu Licht, und erzeugten allein oder gemeinsam Musik und Rhythmen. Vorbeigehende oder auf den Bänken ausruhende Besucher traten ungewollt in musikalische Interaktion mit den Akteuren. Eine Gruppe junger Leute tanzte nächtens lange ausgelassen auf der Klaviatur. Hier handelte es sich um eine ästhetisch ansprechende Installation, deren Interaktionsprinzip leicht zu verstehen war und die dabei soziale Interaktion herausforderte. Da eine einzelne Person nur auf einen Teil der Klaviatur wirken konnte, war man auf andere Personen angewiesen, um eine komplexere Soundlandschaft zu erzeugen.

Wie die Tänzer zeigen, enthielt die Interaktion Aspekte einer Performance – die Interaktion über das Bewegen des eigenen Körpers bietet die Option, dies nicht nur rein manipulativ-funktional zu tun, sondern den eigenen Körper bewusst einzusetzen. Während sich im vorangegangenen Beispiel die Benutzer über die Interaktionsfläche beugen und Token verschieben, wird hier der eigene Körper gleichsam zum Token. Greifbarkeit und Haptisch-Taktiles sind in den eigenen Körper verlagert, der im Raum der Schnittstelle navigiert, welche sich nun um ihn herum befindet. Die Klaviatur steht hier paradigmatisch für (zumeist künstlerische) Installationen, welche interaktive Räume schaffen, die auf Interaktion und Bewegungsmuster der Besucher reagieren.

Ein »ausdrucksvoller Wecker« – Interaktion gestalten

Der Prototyp eines »ausdrucksvollen« Weckers wurde im Rahmen einer Dissertation im Produktdesign an der TU Delft und TU Eindhoven konzipiert und entwickelt (Djajadiningrat/et al 2004). Ziel war es, auf ausdrucksstarke und emotionale Weise mit interaktiven, ›intelligenten‹ Alltagsgegenständen zu interagieren, wobei die Art und Weise der Interaktion das Interaktionsresultat moduliert. Aussehen/Form und Interaktionshandlung sollten miteinander in Bezug stehen. Ein Wecker erschien als gutes Beispiel eines Produkts, das auf eine Vielzahl von Emotionen reagieren kann und eine relativ simple Funktionalität hat. Der Designer Wensveen entwarf einen halbkugelförmigen Wecker mit zwei Anzeigefeldern und zwölf Schiebereglern. Das vordere Anzeigefeld zeigt die aktuelle Uhrzeit, das mittlere die eingestellte Weckzeit. Die Regler sind rund um das mittlere Anzeigefeld angebracht und befinden sich im Ausgangszustand am äußeren Rand. Schiebt man sie zur Mitte, wird fortlaufend die Weckzeit erhöht (in Differenz zur Uhrzeit). Jeder Regler entspricht dabei maximal 60 Minuten. Ist die erwünschte Weckzeit erreicht, drückt man das zentrale Anzeigefeld, und aktiviert so den Wecker.

Abb. 3: Der ›ausdrucksstarke‹ Wecker: bei gleicher Uhrzeit (0:12) und Weckzeit (7:00) zeigen die Schieberegler völlig verschiedene Muster.



Was in der verbalen Beschreibung kompliziert wirken mag, wird in der eigenhändigen Nutzung rasch verstanden. Die Bedienung ist trotz der vielen Schieberegler intuitiv und schnell. Man kann mehrere Regler gleichzeitig bewegen, beispielsweise mit der ganzen Hand und zugleich mit einer leichten Bewegung eines Fingers die Minuten fein justieren, wobei das mittlere Anzeigefeld stets synchrones und eindeutiges Feed-back gibt.

Der Benutzer hat hier unzählige Möglichkeiten zur Eingabe der Weckzeit. Je nach Verlauf der Eingabe variiert das resultierende Muster der Regler. Diese »Freiheit des Verhaltens« ermöglicht es, Information zu vermitteln, sich dabei aber je nach Gemütszustand anders zu verhalten. Der Ausdruck von Emotion wird so zum Bestandteil der Interaktion mit dem Produkt. Experimente zeigten, dass Versuchspersonen je nach Stimmung eher regelmäßige oder zackige, asymmetrische Muster generierten. Die (nicht mehr realisierte) konzeptionelle Idee war, dass der Wecker je nach Art des Musters und der Interaktion (schnell oder langsam) verschieden klingelt.

Geschichte der Entwicklung

Als Trend oder eigene Forschungsrichtung innerhalb der Mensch-Computer Interaktion feststellbar sind Tangible Interfaces seit Mitte der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts, markiert durch eine Reihe von Publikationen, welche TUIs oder »Graspable User Interfaces« als einen Gegenentwurf zur Virtual Reality positionierten. Jedoch gibt es etliche weniger bekannte Vorläufer und Vordenker, deren Ideen bis heute nachwirken. Diese verstanden ihre Arbeiten allerdings meist nicht als einen neuen (generellen) Ansatz der Schnittstellengestaltung, sondern gingen von konkreten Problemen ihres Anwendungsbereichs aus. Dies mag einer der Gründe sein, warum sie innerhalb der Mensch-Computer Interaktion lange Zeit relativ unbekannt blieben, obwohl ihre Arbeiten oft Inspiration für die

TUI-Entwicklung boten. Einige dieser Vordenker werden im Anschluss an den folgenden historischen Abriss vorgestellt.

Die Entstehung der Idee eines Tangible Interface ist eng mit den Strömungen der *Augmented Reality* und des *Ubiquitous Computing* verknüpft. Gemeinsame Ausgangsmotivation dieser neuen Konzepte der Mensch-Computer Interaktion war die wachsende Unzufriedenheit mit gängigen Computerschnittstellen. 1993 erschien ein Themenheft der »Communications of the ACM« mit dem programmatischen Titel »Back to the real world« (Wellner/Mackay/Gold 1993); ein Titel, der die vorgestellten Ansätze als eine Alternative sowohl zu graphischen Benutzungsschnittstellen als auch zur damals aktuellen Virtual Reality akzentuiert. Nach Ansicht der Autoren des Themenhefts trügen diese nämlich dazu bei, den Menschen von seiner realen Umwelt zu trennen, indem sie aufwendige Übersetzungs- und Transferarbeiten verlangten (z.B. zwischen Papierakten und Computer) oder die ›reale Welt‹ durch graphische Parallelwelten ersetzten. Stattdessen komme es darauf an, beide Welten zu integrieren und fließende Übergänge zu schaffen, indem man gewohnte Umgangsweisen verwendet und die Menschen in ihrer alltäglichen Lebenswelt belässt. Die reale Welt soll nicht ersetzt oder dupliziert werden, sondern bereichert und erweitert. Sie bleibt Ausgangspunkt und integraler Bestandteil. Der gewohnte Umgang mit den Dingen ist die Basis des Umgangs mit den neuen, erweiterten Objekten. Diese werden Teil der Alltagswelt und fügen sich in alltägliche Praktiken ein.

Diese Ideen lagen offenbar ›in der Luft‹, denn unabhängig von der Entwicklung in den USA wurde auch in Europa mit dem *Real Reality*-Konzept (Bruns 1993, 1996) ein Ansatz entwickelt, der die Interaktion mit der realen Welt wieder ins Zentrum stellen will und die sinnliche Erfahrung betont. Während sich die MMK bislang eher an den Kognitionswissenschaften und dem Bild des Menschen als »Information Processor« orientierte, werden nun Einflüsse aus dem Forschungsbereich ethnographischer Work Studies, wie etwa die Situated Cognition[1], sowie der Lebenswelt-Philosophie und Phänomenologie wirksam: »[...] humans are of and in the everyday world.« (Weiser 1993). Dourish's Analyse der neuen Strömungen der MMK macht dies explizit, indem sie als deren Hauptmerkmal *Embodied Interaction*, die Situiertheit in materiellen und sozialen Kontexten, beschreibt (2001).

Die Grundgedanken für Tangible User Interfaces wurden im Rahmen des obigen Themenheftes eingeführt, traten aber noch nicht als eigenständiges Konzept in Erscheinung. 1995 beschrieben Fitzmaurice/Ishii/Buxton das Konzept eines *Graspable User Interface*. Holzblöcke als »greifbare Griffe« (Engl: handles), welche auf den Monitor gelegt werden, machen

1 Lucy Suchmans Buch »Plans and Situated Action« erschien 1987.

graphische Repräsentationen manipulierbar, die mit den Griffen verankert sind. Ein wesentlicher Bestandteil des Konzepts sind ferner funktionsbezogene Ein/Ausgabegeräte. Greifbare Griffe und spezifische Ein/Ausgabegeräte verteilen die Eingabe räumlich, desequentialisieren sie, verringern die Anzahl der Vermittlungsschritte zwischen Zielgegenstand, Werkzeug und Manipulationsmedium und erlauben beidhändige Manipulation.[2] Wenig später stellten Ishii/Ullmer (1997) eine umfassendere Vision als *Tangible Bits* vor. Bits sollen in der realen, materiellen Welt direkt zugänglich werden, indem letztere sowohl zum Display (Anzeigemedium) als auch zum Manipulationsmedium werden – die ganze Welt wird zum Interface. Daten werden mit Objekten und architektonischen Oberflächen verknüpft, Bits werden greifbar und »Ambient Displays« stellen Information durch Geräusche, Licht, Wind oder Wasserbewegung dar. Zu beachten ist der begriffliche Wechsel von *graspable* zu *tangible*. Während ersteres die manuelle Manipulation betont, umfasst das Bedeutungsspektrum von *tangible* die Berührbarkeit und das Tasten; es betont die multisensorische Interaktion.[3]

»GUIs fall short of embracing the richness of human senses and skills people have developed through a lifetime of interaction with the physical world. Our attempt is to change ›painted bits‹ into ›tangible bits‹ by taking advantage of multiple senses and the multimodality of human interactions with the real world. We believe the use of graspable objects and ambient media will lead us to a much richer multi-sensory experience of digital information.« (Ishhi/Ullmer 1997).

Einer der ersten Prototypen war der *Tangible Geospace* – eine interaktive Karte des MIT Campus auf einem Projektionstisch. Legt man »physical icons« (wie die Token damals genannt wurden) auf den Tisch, z.B. das Plexiglasmodell des Campus Kuppeldoms, positioniert sich die Karte so, dass das Modell über dem entsprechenden Gebäude auf der Karte liegt. Legt man ein weiteres Gebäude hin, wird die Karte so gedreht und gezoomt, dass beide Modelle richtig liegen. Ein mit einem Schwenkarm

2 Rauterbergs Build-It System, interaktiver Planungstisch zur Interaktion mit CAD Modellen (Fjeld/Bichsel/Rauterberg 1997), verfolgt diesen Ansatz weiter. Zwei bis drei greifbare Blöcke dienen zur Selektion und Manipulation graphischer Elemente auf dem Planungstisch. Sie werden nur temporär an graphische Objekte gebunden und dienen ferner zur Selektion und Manipulation von Menus (anders als in Fitzmaurice Ansatz spezifischer Werkzeuge). Die Blöcke sind somit ein universelles Eingabemedium.

3 Lat. ›tangere‹ erinnert an die ambivalente Funktion des Tastsinns – man wird immer auch selbst durch das Ding berührt, das man berührt. Im Tasten sind Wahrnehmen und Agieren eins (Mattenklott 1997). Weiterhin bedeutet »tangible« auch ungefähr »real, gewiß« (tangible evidence).

am Tisch befestigter kleiner Bildschirm dient als eine Art Lupe: schwenkt man ihn über die Karte, sieht man auf dem Monitor eine 3D-Darstellung des darunter liegenden Kartenausschnitts. Das Interaktionsprinzip beidhändiger, direkter Manipulation ist geblieben, aber an die Stelle der abstrakten und generischen Blöcke des »Graspable User Interface« treten ikonische und symbolische Stellvertreter. Erkennbar ist, wie stark diese ersten Prototypen noch GUI-Metaphern verhaftet sind – das graphische Interface wurde lediglich in eine greifbare, dreidimensionale Form transformiert. Spätere Projekte, wie das eingangs vorgestellte Urp, versuchen sich hiervon zu lösen und konzentrieren sich auf den Umgang mit greifbaren Token, die weiterhin auf Flächen positioniert und bewegt werden. Greifbare Objekte sollen gleichzeitig zur Manipulation und Repräsentation von mit ihnen verknüpften Daten dienen (Ullmer/Ishii 2000). Die Repräsentationsfunktion impliziert, dass Token langfristig mit Daten verknüpft sind und daher in Form und Aussehen auf deren Bedeutung verweisen können.

Nachdem Tangible Interfaces programmatisch als Alternative zu graphischen Schnittstellen proklamiert wurden, konzentrierte sich die Forschung mehrere Jahre lang vornehmlich auf die Entwicklung neuer Systeme (zumeist eher ›proof-of-concept‹ als praktisch nutzbar) sowie die Erkundung der technischen Möglichkeiten neuer Hardware. Parallel hierzu entwickelten jedoch auch einige Forschungsgruppen *Mixed Reality* Ansätze, die eher empirisch und von praktischen Problemen des Anwendungsbereichs ausgingen. Feldstudien wiesen immer wieder darauf hin, dass die Computertechnik in vielen Anwendungsbereichen die althergebrachten Medien nicht direkt ersetzt, sie sehr wohl aber ergänzen und erweitern kann. Die Sensorisierung und digitale Erweiterung traditioneller Medien und Arbeitsobjekte resultierte vielfach in Systemen, die sich als *Tangible Interfaces* klassifizieren lassen. Hervorzuheben sind hier insbesondere die Arbeiten von Wendy Mackay, beispielsweise über die ›flight strips‹ der Fluglotsen (Mackay/Fayard 1999).

In den letzten Jahren werden Tangible Interface-Systeme vermehrt in Anwendungsdisziplinen entwickelt. Diverse Werkzeugkästen zum Prototyping setzen die Einstiegsschwelle zur praktischen Systementwicklung herab. Dinge, die bislang nur Ingenieure oder Elektroniktüftler realisieren konnten, sind nun auch für Designer und Künstler (oder Studierende) ohne lange technische Ausbildung machbar.[4] Dies verkürzt Prototyping-

4 Phidgets sind ein beliebtes Prototypingwerkzeug (http://grouplab.cpsc.ucalgary.ca/phidgets/). Wiring, basierend auf der Programmiersprache Processing, ist eine Do It Yourself Sprache sowie ein elektronisches I/O Board für Designer und Künstler (http://wiring.org.co/). Arduino ist eine Open-Source Plattform aus einem einfachen I/O Board und einer Entwicklungsumgebung für Processing sowie Wiring (http://www. arduino.cc.)

zyklen und erlaubt, sich auf die konzeptionelle Gestaltung zu konzentrieren, bereits frühzeitig Entwürfe zu realisieren und diese von Benutzern testen zu lassen. Das ›Proof-of-concept‹-Stadium des letzten Jahrzehnts scheint abgeschlossen. Jetzt wird einerseits vermehrt kritisch gefragt, ob dieser Gestaltungsansatz zielführend ist und praktischen Nutzen zeigt (z. B. Marshall 2007), andererseits werden zunehmend Arbeiten publiziert, die zu einem tieferen konzeptionellen Verständnis sowie zum Gestaltungswissen beitragen (siehe z.B. Dourish 2001, Hornecker/Buur 2006, Hurtienne/Israel 2007).

»Tangible Interface« wurde zum festen Leitbegriff auf Tagungen, doch es zeigte sich bald, dass dieser Begriff eine eingeschränkte Sichtweise widerspiegelt. Diese ergab sich aus der Abgrenzung gegen graphische Schnittstellen und Virtual Reality. Parallele Entwicklungen in anderen Design- und Forschungsbereichen erweitern die Perspektive. Daher sollten wir diese Entwicklung als Ganzes betrachten. Arbeiten aus dem Industrie- und Produktdesign hatten schon früh maßgebliche Inspiration für die Suche nach neuen Interaktionsformen geliefert. Wenn »die ganze Welt zur Schnittstelle wird« (Ishii/Ullmer 1997; Übersetzung der Autorin), werden umfassende Designfragen virulent, mit denen sich neben der Informatik und HCI-Forschung auch Architektur und Produktdesign befassen. Interaktionsdesign (oder IT Produktdesign) als neue transdisziplinäre Fachrichtung befasst sich auch mit der Gestaltung ›herkömmlicher‹ Geräte wie Wecker, Radios und Küchengeräte – oder auch völlig neuartiger mechatronischer Geräte, welche Digitaltechnik und Sensorik zum integralen Bestandteil haben.

Informatik und klassische Designdisziplinen gelangen aus verschiedenen Richtungen auf gemeinsames Gebiet. Dabei stehen sie in gleicher Weise vor Herausforderungen, wenn es gilt, sowohl materielle, dreidimensionale Gegenstände, als auch deren Graphik, ihr Verhalten und zugrunde liegende Algorithmen zu gestalten:

»While for people with an HCI background, the physical aspect is often new ground, the physical has of course always formed an essential part of product design. […] In the world of software, augmented reality is often presented as a way of introducing real, tangible objects in an otherwise virtual world. […] Clearly, unlike software, electronic consumer products are tangible to start with. From a product design perspective […] what is new is not so much the tangibility of the interaction as the richness of the interaction.« (Djajadiningrat/Overbeeke/Wensveen 2000)

Neu ist, dass nicht nur *Form* und *Aussehen* der Geräte gestaltet werden, sondern auch ihr *Verhalten*. In den Blick geraten nun die Dynamik der

Interaktion sowie die körperlich-motorische Interaktion (Buur/Jensen/Djajadiningrat 2004, Larssen/Robertson/Edwards 2007). Relevante konzeptionelle und technische Entwicklungen, die wesentlich zur Verbreitung und praktischen Umsetzung von *Tangible*-Ideen beitragen, finden somit in einer Reihe von Disziplinen statt. Diese Multidisziplinarität spiegelt sich beispielsweise in den Beiträgen zur neuen Tagungsreihe »Tangible and Embedded Interaction« wider (Ullmer/et al 2007). Bevor jedoch die Schwerpunktverlagerung von den *Tangible Interfaces* zur umfassenden *Tangible Interaction* erörtert wird, sollen einige einflussreiche Vordenker vorgestellt werden.

Die Vordenker

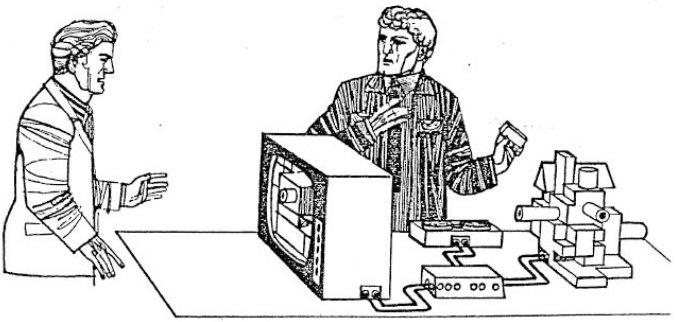
Viele TUI Systeme ziehen ihre Inspiration aus bestehenden Arbeitspraxen, wie beispielsweise der Nutzung von dreidimensionalen, händisch manipulierbaren Modellen zur Veranschaulichung von Entwürfen und als Hilfsmittel in der Konstruktion. Architekten, Stadtplaner und Ingenieure legen nach wie vor Wert auf dreidimensionale Modelle, um die räumliche Wirkung ihrer Entwürfe einzuschätzen, das räumlich-mechanische Zusammenspiel der Elemente zu verstehen, mit dem Entwurf zu experimentieren und die Diskussion in interdisziplinären Teams zu unterstützen. Systeme wie *Urp* erhalten solche Praxen und suchen sie digital zu unterstützen. Der Real Reality Ansatz (Bruns 1993, 1996, Bruns/Brauer 1996) bezieht sich ebenfalls auf gegenständliche Planungspraktiken (in diesem Fall in der Produktionsplanung und der Anlagenkonstruktion). Die Idee ist hier, simultan zu einem realen Modell ein digitales Modell zu generieren, indem die Interaktion mit dem Realmodell observiert und ins Virtuelle gedoppelt wird. Ebenfalls beliebt als Vorbilder für TUIs sind Spielzeugbaukästen (insbesondere Steckbaukästen wie Lego) und Brettspiele.

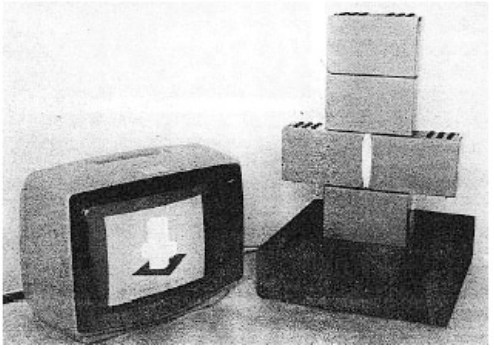
Ein genauer Blick zeigt, dass es eine Reihe von Vordenkern und Vorläufern des Gedankens greifbarer Schnittstellen gibt, und dass viele Ideen bis heute nachwirken und nicht an Relevanz verloren haben. Viele frühe Beispiele kamen aus Architektur, Lernmedien und dem Produktdesign. Im Folgenden werden einige der einflussreichsten vorgestellt. Diese Ideen wurden von HCI-Forschern als neues Konzept für Benutzungsschnittstellen aufgegriffen und systematisch verfolgt.

»Architecture without Numbers« und 3D-Modelling

Die Arbeiten von Aish und Frazer entstanden zu Beginn der 80er Jahre, als gerade die ersten graphischen Schnittstellen Verbreitung fanden. Beide Autoren wollten benutzerorientierte Alternativen zu den damals noch äußerst unhandlichen CAD-Systemen entwickeln. Wegen der technisch eingeschränkten Möglichkeiten der damaligen Zeit waren die Komponenten allerdings eher unhandlich, klobig und teuer. Dies sind vermutlich die Gründe, warum dieser Ansatz damals nicht weiter aufgegriffen wurde. John Frazer beteiligt sich seit Ende der 90er Jahre wieder an Projekten, die seine damaligen Ideen weiterentwickeln.

Abb. 4: Die Vision Frazers (Graphik aus Frazer/et al 1980) sowie der von Aish/Noakes (1984) vorgestellte Prototyp





Aish beschrieb seinen Ansatz bereits 1979 in der Zeitschrift »CAD« (Aish 1979). Sein Ziel war es, eine Beteiligung der Nutzer von Gebäuden während des Entwurfs zu ermöglichen. Aish/Noakes (1984) kritisierten, dass die mangelhaften Interaktionsmechanismen von CAD-Systemen »die

Last der Kommunikation« auf die Nutzer abladen und eine numerische Formelsprache vorschreiben. Diese mache es unmöglich, rasch verschiedene alternative Ideen zu prüfen. Die Grundidee Aishs bestand darin, ein Modell aus vordefinierten Bausteinen zu erstellen. Dieses Modell wird gescannt, in 3D-Darstellungen umgewandelt und vom Computer evaluiert (z.B. in Bezug auf die Energiebilanz). Das System berechnet die Topologie und kombiniert dies mit vorab definierten Daten über die Eigenschaften der Bausteine. Der wichtigste Beitrag eines solchen Systems wäre es, die Beziehung zwischen Kunden und Designteam zu verbessern und den Umgang mit CAD-Systemen zu vereinfachen.

Auch Frazer/et al. (1980, 1982) sahen die Vorzüge dreidimensionalen CAD-Inputs in der Verbesserung der Interaktion zwischen Designern und Kunden, in mehr aktiver Beteiligung des Klienten oder Endnutzers im Entwurfsprozess, der Spezifikation von 3D-Strukturen und einer Vereinfachung des Mensch-Computer-Dialogs. Frazer experimentierte mit verschiedenen Realisierungen und Anwendungsgebieten des ›intelligenten‹ 3D-Modellierens. Die einfachste Lösung ordnete Komponenten auf einem zweidimensionalen Gitter an, das über Kabel mit einem Computer verbunden war. Dieser konnte nun die Konfiguration des Modells, Fläche, Wärmeverlust, Kosten, Komplexität der Wasserrohre etc. berechnen und Feedback zu strukturellen und gesetzlichen Einschränkungen geben. Eine spätere Implementierung verwendete zweidimensional verknüpfbare Elemente, die miteinander Daten austauschen konnten.

Frazer entwickelte wohl das erste in größerem Maßstab praktisch eingesetzte TUI. Die »Intelligent Modelling Technique« wurde in einem Experiment zur CAD-Nutzung durch Eigenheimbauer verwendet. In Lewisham Borough, London, konstruierten und erbauten die späteren Bewohner ihre Häuser nach dem Segal-Verfahren, welches ein System von Grundbausteinen und Maßen vorschreibt. Ein elektronisch scannbares physikalisches Baukastensystem ermöglichte es, fertige Modelle abzuspeichern. Die Grundbausteine wurden durch Leiterplatten festgelegter Größe dargestellt, welche sich in identifizierbare Teile schneiden ließen. In den Leiterplatten saßen Dioden, welche einen eindeutigen Code erzeugten, der die Maße der Bauelemente angab.

Diese Arbeiten nehmen viele Themen vorweg, die auch die heutige Forschung beschäftigen. Die Vorteile dreidimensionaler und händisch manipulierbarer Modelle werden in der Unterstützung von Diskussion und Kooperation gesehen. Sie machen es Computerlaien möglich, an einem solchen Dialog aktiv teilzunehmen sowie direkt und intuitiv zu interagieren (vgl. Bruns 1993, 1996).[5] Die Modellbausteine selbst waren

5 Der *Real Reality*-Ansatz (Bruns 1996, Bruns/Brauer 1997) fokussierte auf die SPS-Programmierung in der Anlagenplanung. Ziel war es, heterogene

vergleichsweise abstrakt und weisen damit über die gelegentlich eher »naive« Literalität (Wortwörtlichkeit) vieler heute entwickelten TUIs hinaus.

Greifbares Programmieren

Es ist auffallend, wie viele Forschergruppen Programmiersprachen in eine greifbare, materielle Form zu übersetzen suchen. Erhofft wird dabei, einen zunächst abstrakten und immateriellen Inhalt greifbar und konkret zu machen und spielerisches Lernen zu fördern. Eine weitere Motivation ist die Unterstützung kooperativen Lernens. Neben den hier vorgestellten frühen Systemen gibt es unzählige weitere.

Eines der ersten Systeme überhaupt, das sich als Tangible Interface einordnen lässt, ist Perlmans *Slot Machine* (1976). Dies ist eine Schnittstelle zur Programmierung in Logo, mit der die auf dem Bildschirm dargestellte »Schildkröte« gesteuert wird. Ein Programm wird erstellt, indem eine Folge von Karten mit Programmkonstrukten (Aktion, Zahl, Variable, Bedingung) in horizontale Schlitze der Maschine gesteckt wird. Karten verschiedenen Typs können übereinander gesteckt werden, um zusammengesetzte Kommandos (z.B. »viermal vorwärts bewegen«) zu erzeugen.

AlgoBlocks wurde entwickelt, um Kindern das Programmieren-Lernen zu erleichtern und kooperatives Lernen zu unterstützen (Suzuki/Kato 1993). Es besteht aus großen Blöcken, die jeweils Logo-ähnliche Programmkonstrukte darstellen und zu einem lauffähigen Programm gekoppelt werden können. LEDs auf den Blöcken leuchten während der Programmausführung. Ziel der Forscher war es, kooperatives Lernen zu unterstützen, indem die großen Blöcke simultan zugänglich sind und groformatige körperliche Bewegung erfordern, was es den Lernenden erleichtert, sich gegenseitig (implizit) zu beobachten und ihre Handlungen miteinander zu koordinieren und abzustimmen.

Inspiration aus dem Produktdesign: Die Marble Answering Machine

In den Publikationen, welche die Vision der *Tangible Bits* oder später *Tangible User Interfaces* als Alternative zu graphischen Schnittstellen vorstellen (Ishii/Ullmer 1997), werden häufig die Arbeiten von Durrell Bishop als Inspiration angeführt. Die »Marble Answering Machine« ent-

---

Gruppen aus Planern, Facharbeitern und Ingenieuren zu befähigen, gemeinsam Planungen vorzunehmen und dabei insbesondere die Facharbeiter darin zu unterstützen, ihre Perspektive und ihr praktisches Wissen einzubringen.

stand 1992 als studentische Designskizze am Royal College of Art (Poynor 1995, Abrams 1999). Eingehende Anrufe auf einem Anrufbeantworter werden durch farbige Murmeln repräsentiert, die in eine Schale rollen. Legt man eine Murmel in eine kleine Mulde des Anrufbeantworters, wird die entsprechende Nachricht abgespielt. Eine weitere Schale dient der Aufbewahrung. Legt man eine Murmel in eine Mulde auf dem Telefon, wird die Nummer gewählt, die mit der Nachricht in der Murmel »gespeichert« ist.

Abrams (1999) interviewte Bishop für ihre Abschlussarbeit über die Rolle des Designs im Tangible Computing. Ihre Analyse zeigt, wie Bishop, anstatt Objekte allein durch ihre äußere Form mit Bedeutung »aufzuladen« (Produktsemantik), gezielt physikalische Affordances der Objekte einsetzt (d.h. Aspekte der Form, Mechanik, des Aussehens, die auf mögliche Handlungsweisen hinweisen) und wie er das Alltagswissen der Benutzer nutzt, um die Funktions- und Benutzungsweise von Geräten zu kommunizieren. Dabei gebe er den Dingen zugleich neue Bedeutungen, mache sie zu Zeigern auf andere Dinge. Für Bishop könne so jeder alltägliche Gegenstand mit digitalen Eigenschaften erweitert werden, die seine Funktionalität vergrößern. Objekte werden damit zu Repräsentationen anderer Dinge (Object Mapping). Sie werden zu Datenbehältern und verweisen auf beliebige Objekte in einem Netzwerk, mit denen der Anwender sie identifiziert. Eine weitere wichtige Idee Bishops war, dass der Kontext einer Handlung, z.B. der Ort des Objekts, von Bedeutung für die ausgelöste Funktion und die Art der Interaktion ist (Spatial Mapping). Eine Designskizze Bishops zeigt ein Radio als Wandposter. Wenn man Teile des Posters mit einem Gerät scannt, hört man verschiedene Sender.

Bishop gelang es, bekannte Alltagsobjekte als leicht »lesbaren« Referenzpunkt für die Ästhetik neuer elektronischer Produkte zu nutzen, ohne dabei einer neuen ›digitalen‹ Situation die Metaphern der bekannten materiellen Welt überzustülpen. Während Object Mapping in vielen TUIs zu sehen ist (z.B. Webstickers – Post-Its und Tassen mit aufgedruckten Barcodes, die auf Webseiten verweisen, Holmquist/Redström/Ljungstrand 1999) und mit dem Schlagwort des »Internet der Dinge« allgegenwärtig geworden ist, wurde der Gedanke des Spatial Mappings seltener aufgegriffen. Was Bishop in seinen Entwürfen erreichte – keine wortwörtlichen, platten Metaphern zu verwenden, sondern Bedeutungen und Handlungen spielerisch zu rekombinieren und dabei »lesbar« zu bleiben, ist nach wie vor Herausforderung und Inspiration.

Vom Interface zur Interaktion

Mit der Verwendung des Begriffs *Tangible Interaction* wird hier bewusst ein Perspektivenwechsel markiert (Hornecker/Buur 2006). Produktdesigner wie Djajadiningrat/Overbeeke/Wensveen (2000) kritisieren die Benennung als Tangible *Interface*, denn wenn das System als Interface wahrgenommen werde, stünde es dem Handlungsziel im Weg. In Frage zu stellen ist bereits die Metapher der *Schnittstelle* (Grudin 1990): Sie ist mechanisch, stammt aus einer Ingenieurstradition und wird zumeist mit Software sowie technischen Ein-Ausgabegeräten identifiziert. Traditionell wird zudem zwischen dem Interface und der darunter liegenden Funktionalität eine Trennlinie gezogen. Gestaltungsfragen erscheinen so als reine Oberflächengestaltung, die nachträglich auf die feststehende Funktion aufgesetzt wird. Mit dem Begriff der Tangible *Interaction* steht nicht mehr die Schnittstelle oder ihre technische Gestaltung im Vordergrund, sondern die *Interaktion* wird zum Gegenstand der Gestaltung. Dabei geraten vermehrt qualitative Aspekte des Interaktionserlebnisses in den Blickpunkt.

Publikationen aus dem Bereich der Human-Computer Interaction führen zumeist eine Definition bzw. Charakterisierung von TUIs an, die von Ullmer/Ishii (2000) eingeführt wurde. Diese beschrieben TUIs damit, dass physikalische (materielle) Objekte Daten repräsentieren (»giving physical form to digital information«) und dass diese Objekte vom Benutzer manuell manipuliert werden. Physikalische Objekte sind mit »computationally mediated digital information« interaktiv gekoppelt und dienen zugleich zur Manipulation wie zur Repräsentation der Daten. *Tangible User Interfaces* werden hier als Alternative zu einer graphischen Schnittstelle für die Interaktion mit digitalen Daten verstanden.

Dies lässt sich als »daten-orientierte« Sichtweise kennzeichnen. Daten oder digitale Funktionen werden als gegeben vorausgesetzt und sollen nachträglich greifbar gemacht werden. Viele Systeme spiegeln diese Herangehensweise wider – oft werden graphische Elemente eins zu eins in greifbare Elemente übersetzt – oder Standard-Computerapplikationen werden mit einer neuen Benutzungsschnittstelle versehen, wobei ihre Funktionalität als gegeben behandelt wird. Statt graphischer Buttons und Schieberegler werden nun haptische Objekte geboten, an den Interaktionsabläufen ändert sich jedoch nur wenig. Djajadiningrat/et al (2004) kritisieren, dass dadurch das volle Potential physikalischer Interaktion nicht ausgeschöpft (»everything looks and feels the same«) und oft nur das GUI-Denken in zweieinhalb Dimensionen übersetzt werde.[6]

6 Zweieinhalb, weil häufig Token auf einer Fläche positioniert und verschoben werden – die Interaktion ist nicht dreidimensional.

Eine junge ›Schule‹ des Industrie- und Produktdesigns interessiert sich weniger für die Ästhetik der Form für als die »Ästhetik der Benutzung« (Abrams 1999); sie will über Form und Aussehen hinausgehen und die eigentliche Interaktion gestalten (Djajadiningrat/et al 2004). Betont wird die körperliche Interaktion mit Gegenständen und Geräten. Die Designer widmen ihre Aufmerksamkeit Dingen, die von der *Tangible User Interface*-Sichtweise mehr oder minder ignoriert wurden, da sie nicht als ›Computing‹ erscheinen: Unterhaltungselektronik, Haushaltsgeräte, Kontrollpulte und Leitwarten. Gestaltungsziel ist es, den sensorischen Reichtum materieller Dinge sowie das durch sie gebotene Handlungspotential (körperlicher Bewegung) auszuschöpfen (Buur/Jensen/Djajadiningrat 2004). Bedeutung (Semantik) wird nicht visuell vermittelt (Graphik, Sprache, visuelle Metaphern, wie z.B. Icons) sondern in die Bewegungen des Objekts sowie die mit ihnen möglichen Handlungen gelegt. Interaktionshandlungen sollen in sich bedeutungsvoll sein und Form sowie Mechanik sollen zu solchen Handlungen herausfordern (ein Beispiel wäre eine Digitalkamera, bei der man zum Speichern eines Bildes das bewegliche Display über die Speicherkarte schiebt). Angestrebt werden ausdrucksvolle Bewegungen des Nutzers sowie vielfältige Interaktionsweisen mit ›stark spezifischen‹ Produkten. Das Ideal des ›easy to use‹ wird dabei provokant in Frage gestellt und die Gestaltung von spezialisierten Systemen für intellektuell wie körperlich kompetente Anwender (›embodied skills‹) in spezifischen Anwendungsfeldern favorisiert (Djajadiningrat/Overbeeke/Wensveen 2000, Buur/Jensen/Djajadiningrat 2004).

Löst man sich von einer definitionsorientierten Sichtweise, ist die Relevanz weiterer Ansätze besser zu erkennen. Viele »Interactive Arts«-Installationen beruhen auf *Embodied Interaction*. Sie machen die Körperbewegung der Kunstbetrachter (bzw. korrekter: Kunst-Erlebenden) zum Bestandteil des Kunstwerks, betonen eventuell sogar die leibliche Selbstwahrnehmung und verwandeln ganze Räume in interaktive Mixed Reality-Umgebungen (Rubidge/MacDonald 2004). In interaktiver Kunst und Architektur wird zunehmend über »interaktive Räume« gesprochen (vgl. Bongers 2002). Diese kombinieren realen Raum und materielle Objekte mit digitalen Projektionen oder Sound-Installationen. Die Bewegung im Raum und der Umgang mit Gegenständen aktivieren digitale Reaktionen des Systems. Typische Charakteristika solcher Installationen sind die Einbeziehung des ganzen Körpers sowie die Nutzung des eigenen Körpers als ›Eingabemedium‹.

Die Perspektive der *Tangible Interaction* (Hornecker/Buur 2006) verbindet die beschriebenen Sichtweisen zu einer Synthese, die ein breites Spektrum an Systemen bzw. Gestaltungsansätzen umfasst. Diese teilen als Eigenschaften: Greifbarkeit und Materialität, die Verkörperung von

Daten, körperliche Interaktion und Körperbewegung als essentieller Part der Interaktion sowie die Einbettung im realen Raum. *Tangible Interaction* beschränkt sich nicht auf die Steuerung digitaler Daten. Sie umfasst interaktive Gebrauchsgegenstände wie den eingangs vorgestellten Wecker sowie die Fernsteuerung ganz realer Vorgänge und Dinge unserer Umwelt (z.B. ein Thermostat) – Bereiche, die von der Tangible Interface Charakterisierung von Ullmer/Ishii (2000) nicht erfasst werden. Der Name ist hier Programm: Nicht das Interface, sondern die Gestaltung der Interaktion steht im Vordergrund. Die Interaktion mit ›interaktiven Räumen‹ erweitert unsere Perspektive der *Tangible‹ Interaction* weiter, wobei der Körper des Benutzers zum Interaktionsgerät wird. Ein Beispiel hierfür bietet die an sich einfache Konfiguration der Klaviatur – die Besucher laufen über die sensorisierte Fläche und aktivieren mit ihren Körpern die Sensoren. Der bewusst umfassende und leicht unscharfe Begriff der Tangible Interaction weist auf diesen Gestaltungsraum hin und sucht das Gemeinsame der Perspektiven hervorzuheben. Bewusst wurde daher auch der Titel einer neuen Konferenzreihe gewählt »Tangible and Embedded Interaction« (Ullmer et al 2007) – und die stattliche Zahl von über 90 Einreichungen zeugt davon, dass eine internationale Forschungsgemeinschaft zu diesem Thema heranwächst und den Diskurs sucht.

Mit der neuen, umfassenden Perspektive geht allerdings der Anspruch verloren, eine generelle Alternative zu graphischen Schnittstellen herzustellen. Zwar war die Benennung »Tangible User Interfaces« als rhetorisches Mittel, um die Neuartigkeit des Ansatzes zu betonen, erfolgreich; der damit implizit verbundene Anspruch, jegliches GUI ersetzen zu können, ist jedoch unrealistisch. Denn zu fragen ist immer, in welchen Anwendungsgebieten und in welchem Ausmaß dies möglich und sinnvoll ist. In den Fällen, wo Projekte Tangible Interfaces für Programmiersprachen entwickeln, wenden sich diese Systeme zumeist an Kinder, um diesen das Erlernen des Programmierens zu erleichtern. Andere Systeme sollen Laien das Konfigurieren und die Steuerung ihrer Unterhaltungselektronik und Haushaltsgeräte vereinfachen. Keines der aus der Literatur bekannten Projekte stellt jedoch den Anspruch, das Programmieren generell zu unterstützen. Zudem vereinen die meisten realisierten Systeme von jeher graphische *und* greifbare Elemente – der scheinbare Gegensatz ist also nur ein gradueller Unterschied. Da *Tangible Interaction* weniger die Schnittstelle als die Interaktion als Gegenstand der Gestaltung betrachtet, können Monitore und Projektionen sehr wohl ein Bezugspunkt der Interaktion sein.

Richten wir unsere Aufmerksamkeit auf das Design interaktiver Produkte, nehmen wir diese mehr als *Gerät* wahr denn als Computer. Warum sollten sie wie Computer aussehen? Soll Interaktion bedeutsam und ausdrucksvoll sein, muss sie in Bezug zur Anwendung stehen. Daher kriti-

sieren Industrie- und Produktdesigner den Trend, allen möglichen Geräten gleichartige »weak general« Schnittstellen zu geben und passen materielle Formfaktoren der Geräte (ihr Aussehen, ihre Mechanik) der Funktionalität an (Djajadiningrat/Overbeeke/Wensveen 2000, Buur/ Jensen/ Djajadiningrat 2004). Diese Geräte sind daher »strong specific«, während es die Stärke des Desktop-Computers ist, ein »weak general system« zu sein, dessen Hardware- und Software-Schnittstelle (Maus und Tastatur, Fenster, Mauszeiger...) unzählige verschiedene Anwendungen steuert. Spezielle Geräte haben in vielen Anwendungsbereichen ihren Platz und ihre Berechtigung; ebenso können spezifische Schnittstellen (für eine computerbasierte Applikation) in bestimmten Anwendungsbereichen ihre Berechtigung haben.

Schluss

Zunächst ist das Interesse an Tangible User Interfaces sicherlich gespeist durch das unbestimmte Unwohlsein, in der Interaktion mit dem Computer an das Dreieck von Maus, Tastatur und Bildschirm gefesselt zu sein und dabei etwas verloren zu haben, entfremdet von der realen Welt der Dinge zu sein. Bruns (1993, S. 15) beklagt diesen Verlust: »Es gibt nichts mehr zu ertasten. Die Dinge werden schwerelos, widerstandslos, trägheitslos, leer, ohne Substanz«. Diese neue Strömung der MMK kann interpretiert werden als Schwingen des Pendels vom Abstrakten und Vergeistigten zurück zum Dinghaft-Konkreten und zur Anerkennung des menschlichen Körpers – eine solche Pendelbewegung sehen Kulturwissenschaftler in der Philosophie und Kunst der letzten Jahrhunderte immer wieder (Mattenklott 1997). Manche mögen dies als eine sentimentale Schwärmerei erachten, andere als eine notwendige Besinnung, die umso vehementer ausfallen muss, je extremer die Ausgangsposition war (in diesem Fall insbesondere der Virtual Reality-Hype der späten 80er und frühen 90er Jahre).

Unterstützt wird die konzeptionelle Entwicklung von Visionen alternativer Formen des ›Computing‹ durch aktuelle technische Entwicklungen, welche digital erweiterte Umgebungen und intelligente Alltagsprodukte bereits zur Realität werden lassen. Tangible Interaction Design findet insofern in vielen Bereichen statt, die »unremarkable« (unauffällig) sind – gestaltet werden Dinge des Alltags, Museumsinstallationen, Spielzeug, Fernbedienungen, Leitwarten, Küchengeräte. u.s.w. Ubiquitous und Pervasive Computing, RFID-Tagging und IT-Produktdesign verändern bereits heute die Welt, doch sind sie oft geleitet von technozentrischen Vorstellungen, orientieren sich an altgewohnten Designmustern des Desktop-Computing oder bleiben verhaftet in traditionellem Produkt-

design, das sich mehr dem visuellen Design und der Form widmet als dem Verhalten und der Interaktion. Tangible Interaction Design kann daher gesehen werden als der Versuch, diese Entwicklung bewusst zu gestalten und die neuen Möglichkeiten anzunehmen, und dabei der anthropologischen Verankerung des Menschen in der Umwelt und im eigenen Leibe Rechnung zu tragen.

Danksagung

Ich danke den Teilnehmern der CHI 2006 Podiumsdiskussion »The State of Tangible Interfaces: Projects, Studies, and Open Issues«. Eingegangen in diesen Beitrag sind Gedanken aus Diskussionen mit Brygg Ullmer sowie mit Paul Marshall. Besonderer Dank gebührt Jacob Buur und seiner Arbeitsgruppe, der mir die Grenzen einer engen Definition des Tangible Interface vor Augen hielt und mich mit der Sichtweise des IT Product Designs vertraut machte. Ferner danke ich den Urhebern der verwendeten Illustrationen für die Druckerlaubnis, Hans Dieter Hellige und Matthias Müller-Prove gebührt Dank für das genaue und strenge Redigieren meines manchmal nicht mehr ganz wasserfesten Deutschs.

Literatur

Abrams, R. (1999): »Adventures in Tangible Computing: The Work of Interaction designer ›Durrell Bishop‹ In Context«. Master's thesis, Royal College of Art, London.

Aish, R. (1979): »3D Input for CAAD Systems«. In: Computer Aided Design 11, 2, S. 66-70.

Aish, R./Noakes, P. (1984): »Architecture Without Numbers«. Computer Aided Design 16, 6, S. 321-328.

Bongers, B. (2002): »Interactivating Spaces«. In: Proceedings of the the 4th Annual Symposium on Systems Research in the Arts: Music, Environmental Design and The Choreography of Space , in conjunction with the 14th International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics July 31- August 3, 2002 Baden-Baden.

Bruns, F.W. (1993): »Zur Rückgewinnung von Sinnlichkeit. Eine neue Form des Umgangs mit Rechnern«. In: Technische Rundschau 29, 39, S. 14-18.

Bruns, W. (1996): »Grasping, Communicating, Understanding - Connecting Reality and Virtuality«. In: AI & Society, 10, 1, S. 6-14.

Bruns, W./Brauer, V. (1996): »Bridging the Gap between Real and Virtual Modeling - A New Approach to Human-Computer Interaction«. In:

Stefan Haas (editor): Proceedings of the IFIP 5.10 Workshop on Virtual Prototyping, Providence, September 1994, IFIP.

Buur, J./Jensen, M.V./Djajadiningrat, T. (2004): »Hands-Only Scenarios and Video Action Walls: Novel Methods for Tangible User Interaction Design«. In: Proceedings of the 5th Conference on Designing Interactive Systems (DIS'04). New York, S. 185-192.

Djajadiningrat, T./Wensveen, S./Frens, J./Overbeeke, K. (2004): »Tangi-ble Products: Redressing the Balance Between Appearance and Action«. In: Personal and Ubiquitous Computing 8,5, S. 294-309.

Djajadiningrat, T./Overbeeke, K./ Wensveen, S. (2000). »Augmenting Fun and Beauty: A Pamphlet«. In: Proceedings of DARE 2000 on Designing augmented reality environments. New York, S. 131-134.

Dourish P. (2001): »Where the Action Is. The Foundations of Embodied Interaction«. Cambridge, MA, London.

Fitzmaurice, G.W./Ishii, H./Buxton, W. (1995): »Bricks: Laying the Foundations for Graspable User Interfaces« In: Proceedings of Computer-Human Interaction (CHI '95), Denver, Colorado, May 7-11, 1995. New York. S. 442-449.

Fjeld, M./Bichsel, M./Rauterberg, M. (1997): »BUILD-IT: An Intuitive Design Tool Based on Direct Object Manipulation«. In: »Gesture and Sign Language in Human-Computer Interaction«. Proceedings of International Gesture Workshop 1997. Berlin, Heidelberg, New York. S. 287-308.

Frazer, J./Frazer, J./Frazer, P. (1980): »Intelligent Physical Three-Dimensional Modelling Systems«. In: Proceedings of the Computer Graphics '80, Brighton, UK, S. 359-370.

Frazer, J./Frazer, J./Frazer, P. (1982): »Three-Dimensional Data Input Devices«. In: Proceedings of Computer Graphics in the Building Process. National Academy of Sciences. Washington, March 1982.

Grudin, J. (1990): Interface. In: Proceedings of Computer Supported Cooperative Work (CSCW'90). New York, S. 269-278.

Holmquist L.E../Redström J./Ljungstrand P. (1999): »Token-Based Access to Digital Information«. In: Proceedings of Handheld and Ubiquitous Computing (HUC '99), Berlin, Heidelberg, New York, S. 234-245.

Hornecker, E./Bruns F.W. (2005): Interaktion im Sensoric Garden. In: i-com, Bd. 1, S. 4-11.

Hornecker, E./Buur, J. (2006): »Getting a Grip on Tangible Interaction: A Framework on Physical Space and Social Interaction«. In: Proceedings of CHI '06. New York, S. 437-446.

Hurtienne, J./Israel, J.H. (2007): »Image Schemas and Their Metaphorical Extensions – Intuitive Patterns for Tangible Interaction«. In: Proceedings of the First International Conference on Tangible and Embedded Interaction 2007 (TEI'07). New York, S. 127-134.

Ishii, H./Ullmer, B. (1997): »Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits and Atoms«. In: Proceedings of CHI '97. New York, S. 234 - 241.

Larssen, A.T./Robertson, T./Edwards, J (2007): »The Feel Dimension of Technology Interaction: Exploring Tangibles through Movement and Touch«. In: Proceedings of TEI '07. New York, S. 271-278.

Mackay, W.E./Fayard, A-L. (1999): »Designing Interactive Paper: Lessons from Three Augmented Reality Projects«. In: Proceedings of the International Workshop on Augmented Reality, IWAR '98. Natick, MA.

Marshall, P. (2007): »Do Tangible Inferfaces Enhance Learning?« In: Proceedings of TEI '07. New York, S. 163-170.

Mattenklott, G. (1997): »Berührend berührt - Die Ästhetik des Tastsinns«. In: Universitas. Zeitschrift für interdisziplinäre Wissenschaft 52, 617, S. 1050-1064.

Perlman, R. (1976): »Using Computer Technology to Provide a Creative Learning Environment for Preschool Children«. MIT Logo Memo #24, 1976.

Poynor, R. (1995): »The Hand That Rocks the Cradle«. ID Magazine, 60-65. May/June.

Rubidge, S./MacDonald, A. (2004): »Sensuous Geographies: A Multi-User Interactive/Responsive Installation«. In: Digital Creativity 15, 4, S. 245-252.

Suzuki, H./Kato, H. (1993): AlgoBlock: »A Tangible Programming Language, a Tool for Collaborative Learning«. In: Proceedings of 4th European Logo Conference. S. 297-303.

Ullmer, B./Ishii H. (2000): »Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces«. In: IBM Systems Journal 39,3/4, S. 915-931.

Ullmer, B./Schmidt, A./Hornecker, E./Hummels, C./Jacob, R., van den Hoven, E. (Hrsg.) (2007): »Proceedings of the First International Conference on Tangible and Embedded Interaction 2007«. New York.

Underkoffler, J./Ishii, H. (1999): »Urp: A Luminous-Tangible Workbench for Urban Planning and Design«. In: Proceedings of CHI '99. New York, S. 386-393.

Weiser, M. (1993): »Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing«. In: Communications of the ACM 36, 7, S. 74-84.

Wellner, P./ Mackay, W./Gold, R. (1993): »Computer-Augmented Environments. Back to the Real World«. In: Communications of the ACM 36,7. S. 24-26.

Wensveen, S./Overbeeke, C.J./Djajadiningrat, J.P. (2002): »Push Me, Shove Me and I Show You How You Feel«. In: Proceedings of DIS'02, New York. S. 335-340.