

Tangible Interaction - vom Konzept zur Realisierung¹

S. Gregor, M. Rahimi, M. Vogt, T. Schulz, K.v.Luck
Department Informatik, HAW Hamburg

Zusammenfassung

In diesem Papier wird der Entwicklungsprozess eines Tangibles Interaction Elements für Smart Home Umgebungen beschrieben. Das hier vorgestellte Tangible-System wurde bis zur Kleinserienreife vorangetrieben. Insbesondere die Anpassung von agilen Softwareentwicklungsmethoden auf eine kombinierte Hardware/Softwareentwicklung und deren direkte Überprüfung in einem Usability Labor stehen hierbei im Fokus.

1 Einleitung

Nahtlose Interaktion mit Computersystemen hat in den letzten Jahren durch Tendenzen wie Allgegenwärtigkeit und Unsichtbarkeit (s.a. Weiser, M. (1991)) zunehmendes Interesse gefunden.

Die Konsequenzen, allgemein anerkannte Forderungen, Interaktionsmodalitäten in die Realität zu bringen, sollen in diesem Papier an Hand einer Fallstudie diskutiert werden.

Nachfolgend wird die Entwicklung eines tangiblen Elements (s.a. Shaer, O. und Hornecker, E. (2009)) beschrieben, das als einfache Fernbedienung in Form eines kleinen Würfels realisiert wurde, dessen Lage eine jeweils unterschiedliche Bedeutung induziert. Die in dieser Lage vorgenommenen Bewegungen nehmen Steuerungen der jeweiligen semantischen Ebene vor. Die Steuerung der semantischen Ebene erfolgt durch Drehbewegung in der jeweiligen Lage.

Die Fallstudie folgt einem Entwicklungsschema, das von konzeptionellen Überlegungen, ersten Hard- und Softwareprototypen, Kleinserienmustern bis hin zu Eignungsuntersuchungen in einem Department eigenen Usability Labor (s. Raasch, J.

¹ Präsentiert am 11.10.2010 auf dem World Usability Day 2010 in Hamburg.

(2004)) reicht. Sie soll den Nachweis erbringen, dass es auf diesem Weg möglich ist, sich aus der Desktop Metapher und deren Variationen zu lösen und neuartige Interaktionsformen konkret auf ihre Eignung in spezifischen Kontexten zu untersuchen.

2 Tangible Interaction

Tangible Interaction (TI) oder Tangible User Interface (TUI) sind feste Leitbegriffe von einer Vielzahl Forschungsbeiträgen, Veröffentlichungen sowie Konferenzen. Der Begriff Tangible User Interface wurde 1997 durch Hiroshi Ishii (Ishii, H. und Ullmer, B. (1997)) vom MIT Media Lab geprägt. Ishii beschreibt in "tangible Bits", dass der Mensch eine zwiespaltene Interaktion mit dem Computer führt. In der bisher vorrangigen GUI-Metapher werden die Augen und Ohren des Menschen zu "Windows to digital worlds" (Monitore und Lautsprecher), während der Körper und damit auch der Sinn des Fühlens in der Realität bei Maus und Tastatur hängen bleibt. Ullmer und Ishii schlagen vor, digitale Informationen durch physikalische Objekte zu repräsentieren (Ullmer und Ishii (2000), sodass auf diese Weise digitale Informationen durch Interaktion mit den Repräsentationen manipuliert werden können. Die dadurch erreichte Aufhebung der Trennung von (digitalem) Datenraum und (physikalischem) Körperraum erlauben eine natürlichere Beeinflussung von Daten.

Ein Hauptkritikpunkt an dem aus der HCI geprägten TUI – Konzept ist die eingeschränkte Definition und die Fokussierung auf das Interface (vgl. Hornecker (2008)). TI hingegen vereint unterschiedliche Ansätze und Entwicklungen aus anderen Design- und Forschungsbereichen, wie dem Produktdesign, Interaction Design und der interaktiven Kunst (s.a. Hornecker, E. und Buur, J. (2006)). Nicht die Schnittstelle und die Übermittlung von Information, sondern die Interaktion selbst steht im Fokus (Buur u. a. (2004) und Larssen u. a. (2007)). Fernaeus, Y. u. a. (2008) spricht in diesem Zusammenhang einen Wechsel von einer „Daten-zentrierten“ hin zu einer „Aktions-zentrierten“ Perspektive und sieht Tangibles eher als eine Ressource für menschliche Aktionen, Kontrolle, Kreativität und soziale Aktionen.

Trendaussagen wie: "Physische Interaktion (Engl: Tangible Interaction, Abk: TUI) ist ein neues IKT-Interaktionsparadigma, bei dem die Handhabung eines mit Sensoren instrumentierten Gegenstands als Eingabe für Softwaresysteme interpretiert wird, so dass z.B. das Drehen eines Objektes zum Weiterblättern auf der damit assoziierte Webseite führt.“ (Wahlster und Raffler (2008), Seite 55) zeigen, dass Tangible Interaction eine zukunftssträchtige Form der Interaktion mit Computern darstellen.

2.1 Entwicklungsschema

Das Umschreiben eines Problems allein durch konzeptionelle Überlegungen reicht oftmals nicht aus, um neue Formen von Mensch-Computer Interaktionen zu entwickeln. Um Lösungen für intuitive Bedienbarkeit zu finden, muss man auch in der Lage sein, Ideen aus einer abstrakten Beschreibung in reale Bedienelemente umsetzen zu können. Vor allem bei

der Entwicklung von TI – Elementen spielen Affordances (vgl. Norman, D. A. (1999)), intuitive Bedienung (s. Blackler, A. u. a. (2002)) und mentale Modelle (s. a. Johnson-Laird P. N. (1983)) eine wichtige Rolle. Dies macht einen iterativen, auf die Benutzer zugeschnittenen Entwicklungsprozess unumgänglich.

Häufig sind Ergebnisse bei der Entwicklung nicht absehbar und unterscheiden sich ursprünglichen Ideen und Entwürfen. Dabei unterliegt die Entwicklung von neuer und innovativer Interaktion kaum Regeln, sondern erfordert ein Um- und Andersdenken. Das von den Autoren angewandte Entwicklungsschema setzt sich aus verschiedenen Teilprinzipien des User Centered Design, Participatory Design, Interaction Design, sowie aus Einflüssen interaktiver Kunst- und Architekturprojekten zusammen.

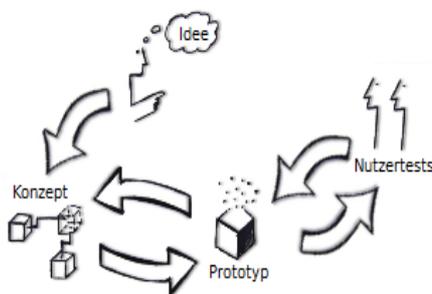


Abbildung 1 - Entwicklungsschema

Nach der groben Entwicklung von Idee und Konzept, wird ein rudimentäres aber funktionsfähiges Muster erstellt, um ein erstes Review der Idee durchzuführen. Dabei helfen Prototyping Plattformen (s. Gregor, S. (2009)) schnell unterschiedliche Ansätze und Technologien zu erproben. Mit diesen können dann erste Untersuchungen durchgeführt werden, die zu weiteren schnellen Iterationszyklen führen (vgl. Abbildung 1). Die Ergebnisse fließen darauf in die Konzeption von kleinserienfähigen Geräten ein.

Der Fokus liegt hierbei auf der realen Umsetzung. Gerade im Bereich der Interaktion ist das reale Experimentieren die beste Maßnahme, um eine erdachte Funktionalität zu testen. Bei den Probeläufen und Versuchen entstehen immer wieder neue Ideen, Erweiterungen und Anwendungsfälle, die zur Weiterentwicklung und einem besseren Verständnis der Interaktion beitragen. Dieser kontinuierliche Prozess von Reviews, Brainstorming und Experimentieren ermöglicht es, schnelle, sichtbare und real probierbare Ergebnisse zu erzielen.

3 Fallstudie Hamburg Cubical

Diese Fallstudie zeigt die Entwicklung eines Bedienelementes als Tangible Interaction Element und folgt der oben beschriebenen Entwicklungsmetapher. Ziel der Entwicklung war es, ein intuitives Eingabegerät für den Einsatz in einer intelligenten Wohnumgebung zu schaffen (siehe Gregor, S. u. a. 2009).

3.1 Konzept

Ausgangspunkt der Überlegungen stellte ein einfacher Drehknopf dar. Ein solcher Knopf lässt genau zwei Interaktionen zu: rechts- und links drehen. Aufgrund dieser beschränkten Anzahl von Manipulationsmöglichkeiten ist es einfach, ein mentales Modell zu bilden, wie man ein solches Objekt manipulieren kann. Dies macht die Bedienung intuitiv und einfach beherrschbar, weist aber auch gleichzeitig Beschränkungen bei der Funktionsvielfalt auf, da nur eine Funktion hinterlegt ist. Um diese Restriktionen zu überwinden, wurde der Würfel als geometrische Grundform² für die weiteren Überlegungen gewählt. Durch diese lassen sich sechs unterschiedliche Funktionen annotieren und manipulieren. Durch die Veränderung der Lage des Würfels wird dessen Semantik verändert und durch links- bzw. rechts Rotation (analog zum Drehknopf) eine Kontrolle auf die Funktion ausübt, die der jeweiligen Lage zugeordnet ist (vgl. Abbildung 3).



Abbildung 2 - Drehknopf

Für die Untersuchung der aufgestellten Bedienhypothese sind andere Formen, wie beispielweise ein Oktaeder, nicht ausgeschlossen, allerdings ist es nach Ansicht der Autoren durch die einfache Form des Würfels für den Benutzer leichter, eine Annahme über die Funktionsweise zu treffen.

Um dem Benutzer beim Aufbau eines mentalen Modells über die Funktionsweise zu unterstützen, soll der Würfel sowohl bei der Auswahl als auch bei der Manipulation eine direkte Rückmeldung geben. Dies soll die intuitive, einfache und handbuchfreie Handhabung des Bedienelementes ermöglichen.

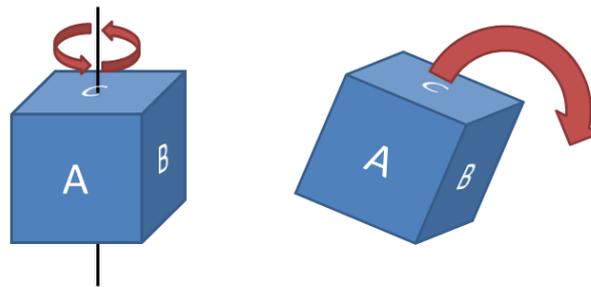


Abbildung 3 - Interaktionskonzept des Würfels

² Vergleichbare Überlegungen siehe auch Ferscha u. a. (2007).

3.2 Erster Prototyp - proof of concept

Zur Evaluation des Konzeptes wurde ein einfacher Prototyp erstellt. Um möglichst schnell unterschiedliche Sensoren und Möglichkeiten für Feedback testen und die Funktionen iterativ verbessern und erweitern zu können, wurde die Open-Source Hardwareplattform Arduino (Arduino (2010)) verwendet, die einen sehr schnellen Aufbau von mikrokontrollerbasierten Hardware Prototypen erlaubt. Abbildung 4 zeigt den ersten Prototypen, der mit unterschiedlichen Lagesensoren ausgestattet ist. Als Rückmeldung an den Benutzer wurde sowohl mit taktilen als auch mit visuellen Feedback-Möglichkeiten experimentiert. Der Prototyp kann sowohl per USB-Kabel als auch per Batterie und Funk³ betrieben werden.



Nachdem die ersten Tests erfolgreich absolviert wurden und die technische Umsetzbarkeit mit dem Prototypen bestätigt war, wurde für die ersten Usability Untersuchungen folgender Aufbau festgelegt: Die Prototyp-Plattform wurde mit Lage- und Beschleunigungssensoren für alle sechs Achsen, einem XBee Funkmodul und einer Batterie versehen. Als Feedback für den Benutzer wurden in jede Würfelseite farbige LEDs integriert. Ist eine Lage mit einer Funktion verbunden, so wird dies dem Benutzer mit dem Aufleuchten der LED für diese Seite angezeigt.



Abbildung 6 - Versuchsaufbau

Als Funktionen wurden die Lautstärkeregelung eines PCs und die Farbgebung und das Dimmen einer Lampe implementiert und unterschiedlichen Seiten des Würfels zugeordnet. Die Lautstärke des PCs und analog dazu die Helligkeit und Farbe der Lampe konnten durch rechts- und links Drehung verändert werden. Abbildung 5 zeigt den Versuchsaufbau, bei dem drei der sechs Würfelseiten mit Funktionen belegt wurden.

Eine Reihe von zufällig ausgewählten Benutzern, die nicht zum Entwicklungsteam gehören, wurden vor die Aufgabe gestellt, die unterschiedlichen Funktionen zu testen. Den

Testpersonen wurde erläutert, welche Funktionen vorhanden sind und dass sie über Drehung des Tangibles manipulierbar sind. Hingegen wurde den Probanden nicht mitgeteilt, welche Lage welcher Funktion entspricht, noch was die Drehung in einer konkreten Lage bewirkt. Es stellte sich heraus, dass die Benutzer über die Farben der LEDs schnell die Funktionsweise erkannten und sich das Verknüpfen der Funktionen mit der aufleuchtenden

³ Als energiearmes schmalbandiges Funkformat wurde das ZigBee (IEEE 802.15.4) Format gewählt, das auch nur einen kleinen Stack benötigt. In der konkreten Ausprägung wurde das XBee Modul von DigiKey (DigiKey (2010)) verwendet, welches kompatibel zur Arduino Plattform ist.

Farbe leicht einprägen ließ. Die Manipulation der einzelnen Funktion wurde auf Anhieb verstanden und erfolgreich vorgenommen. Angemerkt wurde von den Probanden neben fehlenden Symbolen auf dem Würfel auch die wenig ergonomische Form.

3.3 Verfeinerung des Prototypen

Mit den Erkenntnissen, die aus den ersten Untersuchungen gewonnen wurden, sind weitere Tests und die Entwicklung einer Kleinserie mit selbst entwickelten Hardware-Komponenten entstanden. Dies war vor allem nötig, um andere Baugrößen der Würfel evaluieren zu können und diese für weitere Hardware-Untersuchungen immer noch möglichst flexibel und konfigurierbar zu halten. Bei der Entwicklung wurde auf Funkverbindungen zwischen Würfel und dem verarbeitenden Rechner gesetzt und auf die USB - Verbindung verzichtet. Um dem Benutzer ein direktes Feedback auf seine Interaktion mit dem *Hamburg Cubical* geben zu können, wurde bei der Auswahl der Hardware und der Implementierung der Treibersoftware konsequent darauf geachtet, dass sowohl der Lagewechsel als auch die Drehbewegung im Millisekundenbereich erkannt und verarbeitet wird.

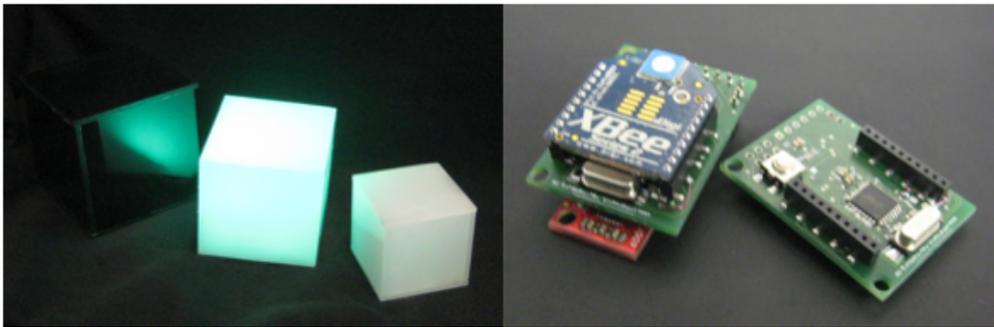


Abbildung 7 - Gehäuse - Prototyp (links) - technischer Prototyp (rechts)

Für die Untersuchung der Handhabbarkeit wurden drei *Hamburg Cubical* mit unterschiedlichen Volumina mit den Kantenlängen 5, 6.5 und 8 Zentimetern aus mattem, lichtdurchlässigen Plexiglas erstellt (s. Abb. 7 - linke Seite) und mit der erstellten Hardware bestückt (s. Abb. 7 – rechte Seite). Auf die Flächen konnten nach Bedarf auf Folie aufgedruckte Symbole aufgebracht werden. Es wurden wieder zufällig ausgewählte Probanden mit dem oben beschriebenen Test und den unterschiedlichen Größen konfrontiert. Bei diesen Untersuchungen stellten sich Würfel mit einer Kantenlänge von 5 Zentimetern und 6.5 Zentimetern für die Testpersonen am angenehmsten in der Handhabung heraus.

3.4 Kleinserienmuster

Aus den durchgeführten Usability - Untersuchungen und den gesammelten Erfahrungen bei der Prototypentwicklung wird eine endgültige Konfiguration samt Platinen - Layout

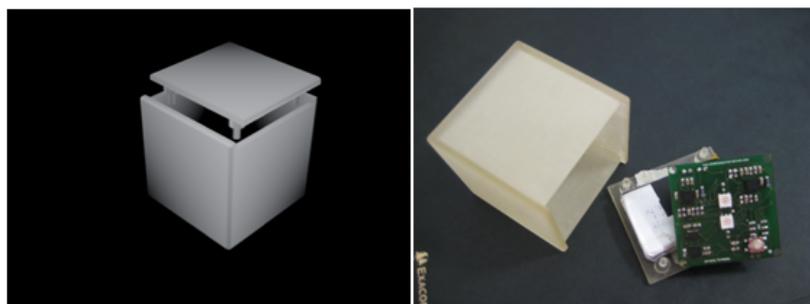


Abbildung 8 - Rending 3D - Druck (links) - 3D - Druck mit Kleinserienplatine (rechts)

entwickelt. Die Größe der Würfel wurde auf 5,6 Zentimetern Kantenlänge festgelegt und per Polyjet-Verfahren (HAW MuP/RP (2010)) hergestellt (s Abb. 8 – linke Seite).

Das finale Platinen – Layout (vgl. Abb. 8 – rechte Seite) wurde auf die Größe des Würfels angepasst, durch LEDs und die Möglichkeit den Akku des Hamburg Cubicals induktiv zu laden erweitert. Auf diese Weise wird eine Kleinserie von sechs Tangibles für den Einsatz in den Laboren der HAW und zur Evaluierung in Alltagsumgebungen angefertigt.

4 Fazit und Ausblick

Anhand der hier vorgestellten Fallstudie *Hamburg Cubical* wird deutlich, dass agile Entwicklungsmethoden durch Anpassungen für die Entwicklung von Tangible Interaction Elementen geeignet sind.

Bei der Entwicklung von Tangible Interaction spielen, auch und vor allem im Kontext eines Smart Homes (s. a. Gregor u. a. 09) wie es gegenwärtig als Living Place Hamburg realisiert wird, die intuitive und handbuchfreie Bedienung eine wichtige Rolle. Dazu müssen die mentalen Modelle, Affordances und Fähigkeiten der Benutzer beachtet werden. Um unterschiedliche Formen, Materialien, sowie Bedien- und Interaktionskonzepte mit den Benutzern zusammen testen zu können sind ein geeignetes Entwicklungsschema und Usability Untersuchung unverzichtbar.

Das hier vorgestellte Entwicklungsschema hat sich bei der Entwicklung der vorgestellten Fallstudie bewährt. Eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzbarkeit dieses Entwicklungsschemas sind Prototyping – Plattformen, die eine schnelle und iterative Entwicklung unterschiedlicher Prototypen unterstützen. Bei der Implementierung von Tangibles als anfassbare Elemente ist des Weiteren der Zugriff auf eine Rapid Prototyping Maschine wie 3D Drucker zur Gestaltung der äußeren Form sehr hilfreich.

Als Testumgebung für die Interaktionskonzepte und erstellten Prototypen bietet sich das Living Place Hamburg als Realexperimentierlabor ausgeprägte Wohnung an. Hier besteht die Möglichkeit, einige Tage probeweise zu wohnen und den Umgang mit neuen Technologien mittels eines integrierten Usability Labors zu überprüfen.

Literaturverzeichnis

Arduino (2010). Arduino Homepage www.arduino.cc

Blackler, A. u. a. (2002). BLACKLER, A.; POPOVIC, V. ; MAHAR, D. P.: *Intuitive use of products*. Paper presented at the Common Ground Design Research Society International Conference London. 2002

DigiKey (2010). XBee Overview: www.digi.com/pdf/ds_xbeemultipointmodules.pdf

- Fernaues, Y. u. a. (2008). FERNAEUS, Ylva ; THOLANDER, Jakob ; JONSSON, Martin: *Towards a new set of ideals: consequences of the practice turn in tangible interaction*. In: TEI '08: Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction. New York, NY, USA : ACM, 2008, S. 223–230
- Gregor, S. u. a. (2009). *Tangible Computing revisited: Anfassbare Computer in Intelligenten Umgebungen* in: 4. Kongress Multimediaetechnik, Wismar
- Gregor, S. (2009) Gregor, Sebastian: *Physical Interaction Design*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Seminararbeit, 2009
- HAW MuP/RP (2010). Rapid Prototyping Anlage der HAW Hamburg: <http://www.mp.haw-hamburg.de/fachberg/prod/rp/seite2.pdf>
- Hornecker, E. und Buur, J. (2006). Hornecker, Eva ; BUUR, Jacob: *Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction*. In: CHI '06: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems. New York, NY, USA: ACM, 2006, S. 437–446
- Hornecker, E. (2008). Hornecker, Eva: *Die Rückkehr des Sensorischen: Tangible Interfaces und Tangible Interaction*. In: Mensch-Computer-Interface: Zur Geschichte und Zukunft der Computerbedienung, 2008, S. 235–258
- Ishii, H. und Ullmer, B. (1997). *Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms*. 1997.
- Johnson-Laird P. N. (1983). *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Norman, D. A. (1999). Norman, D.A.: *Affordance, conventions, and design*. In: Interactions 6 (1999), Nr. 3, S. 38–43
- Raasch, J. (2004). *Bewertung der Benutzbarkeit von Internet-Anwendungen*. Engelen, M und Meißner, K. (Hrsg.) Virtuelle Organisation und Neue Medien 2004
- Shaer, O. und Hornecker, E. (2009) Shaer, Orit; Hornecker, Eva: *Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions*. In: Foundations and Trends in Human-Computer Interaction 3 (2009), Nr. 1-2, S. 1–137.
- Ullmer, B. und Ishii, H. (2000). *Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces*, Carroll, J. M. (Eds.) Human Computer Interaction in the New Millennium
- Weiser, M (1991). *The Computer for the Twenty-First Century*. Scientific American 265, S. 94–104
- Ferscha u. a. (2007) Ferscha, Alois ; Vogl, Simon ; Emsenhuber, Bernadette ; Wally, Bernhard: *Physical shortcuts for media remote controls*. In: INTETAIN '08: Proceedings of the 2nd international conference on INtelligent TEchnologies for interactive enterTAINment. ICST, Brussels, Belgium, Belgium: ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), 2007, S. 1–8