

Seminar Verteilte Systeme

# **Embodied User Interfaces**

Beat Schwarzentrub

19. April 2005

Betreuer: Michael Rohs  
Professor: Friedemann Mattern

## **Zusammenfassung**

Embodied User Interfaces (EUI) sind Benutzerschnittstellen von Geräten, deren Zustand direkt mittels Manipulation des Benutzers an der Hardware beeinflusst werden kann. Dabei bilden die virtuelle Repräsentation und das physische Objekt eine Einheit. Diese Art der Eingabe ist eine neue Art der Benutzerinteraktion, die speziell im Hinblick auf die Vision des *ubiquitous computing* von Interesse ist. Dieses Dokument gibt einen Überblick über heutige EUI-Techniken an Hand von Beispielen und Modellen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>3</b>
1.1 Motivation . . . . .	3
1.2 Der Begriff “Embodied User Interface” . . . . .	3
1.3 Beispiele von EUIs . . . . .	4
1.4 Sensoren . . . . .	7
<b>2 Modelle für EUI-Design</b>	<b>9</b>
2.1 Design-Modell von Fishkin . . . . .	9
<b>3 EUI in der Praxis</b>	<b>12</b>
3.1 Usability . . . . .	12
3.2 Aussichten . . . . .	12
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>14</b>

# 1 Einführung

## 1.1 Motivation

Der Trend im Computeralltag geht seit einiger Zeit hin zu kleinen, mobilen Geräten. Mit den neuen Bauformen kommt die Frage auf, ob diese Geräte trotzdem noch wie traditionelle Computer (“Workstations”) bedient werden können, und wenn nicht, welche alternativen Eingabemöglichkeiten denkbar sind. Gleichzeitig mit dem Schrumpfen der Geräte führen immer mehr Funktionen zu Verwirrung und Überforderung.

In diesem Dokument wird das Konzept der *Embodied User Interfaces*<sup>1</sup> erläutert. Diese Art der Benutzerschnittstelle ist speziell für Geräte geeignet, die statt einer Fülle von Funktionen nur einige wenige spezifische Aufgaben erfüllen müssen (sog. *Appliances*). Die Grundidee besteht darin, den Zustand des Geräts mittels physischen Gesten zu verändern. Eine solche Form der Interaktion erscheint praktikabel, da Menschen schon seit jeher ihre Umwelt auf diese Weise verändern und diese Bewegungen daher gewohnt sind.

## 1.2 Der Begriff “Embodied User Interface”

Benutzerschnittstellen (*User Interfaces*, Abk. UI) bezeichnen die Art und Weise, wie der Benutzer mit einem Gerät interagiert. Das Wort *embodied* bedeutet soviel wie “verkörpert, veringlicht” und wird verwendet, um eine spezielle Gruppe von Benutzerschnittstellen zu charakterisieren.

Man bezeichnet mit EUIs eine Art der Interaktion, bei der die Bedienung direkt in das Gerät integriert ist. Man könnte sagen, das Gerät *ist* die Bedienung. Etwas abstrakter formuliert bedeutet das, dass das physische Objekt und die virtuelle Repräsentation zu einer Einheit verschmelzen. Man spricht dabei auch von der “höchsten Stufe des Embodiments”, im Gegensatz zu Tangible User Interfaces [5], die auf der zweithöchsten Stufe angesiedelt sind. Beispielsweise bringt ein Buch die Bedienelemente zur Navigation gleich mit, direkt physisch manipulierbar im Produkt integriert. Beim Lesen werden die Seiten dann fast unbewusst geblättert, um die nächste Seite sehen zu können. Ein wichtiger Punkt ist, dass der Benutzer die Bedienung unbewusst vornehmen kann, da er intuitive Bewegungen verwendet, die bereits aus der “analogen Welt” bekannt sind.

---

<sup>1</sup>abgekürzt EUI

Das Kapitel 2 geht näher auf eine etwas formale Definition von EUIs ein.

Fishkin et al. [3] stellen eine “Evolution der Benutzerschnittstellen” vor. Ihre Einteilung sieht folgendermassen aus: Keyboard UI → Graphical UI (GUI) → Gestural UI → Tangible UI → Embodied UI → ... → Invisible UI. Der Grundgedanke ist, dass wir uns von mühsamen und veralteten Techniken hin zum idealen UI bewegen. Diese ideale Benutzerschnittstelle hat die wesentliche Eigenschaft, dass sie für den Benutzer unsichtbar ist und er sich so auf das Wesentliche konzentrieren kann. Die Autoren bezeichnen das als “Minimierung der kognitiven Distanz zwischen dem Ziel und den menschlichen Aktionen, die nötig sind, um dieses Ziel zu erreichen”.

### 1.3 Beispiele von EUIs

Betrachten wir nun einige Beispiele von Geräten, die von verschiedenen Forschergruppen entwickelt wurden und unterschiedliche Aspekte des EUI-Prinzips veranschaulichen.

#### Elektronisches Buch

Das Buch ist ein klassische Beispiel für ein EUI aus der “analogen Welt”. Es wurde nun versucht, das gleiche Prinzip auf ein elektronisches Gerät anzuwenden ([3], [6]). Dazu wurde ein handelsüblicher Kleincomputer (Tablet-PC) mit Druck- und Berührungssensoren an den Seiten ausgestattet. Es ist für den Benutzer so möglich, zur nächsten Bildschirmseite zu blättern, indem er mit dem Finger die gleiche Blätter-Bewegung wie bei einem Buch ausführt (Abb. 1.1). Die Buch-Metapher kann allerdings nicht vollständig erfüllt werden, da das elektronische Buch keine echten Seiten hat, die der Benutzer physisch umblättern kann.



Abbildung 1.1: Navigation in einem Dokument durch Blättern in einem herkömmlichen Buch (links) und in einem E-Book (rechts). [3]

### Listen-Navigation

Die Navigation in einer sequentiellen Liste (etwa in einer Adresskartei [3], [6] oder einem Menü-System [8]) wurde auf einem Handheld-Gerät mittels Neigungssensoren realisiert. Je mehr der Benutzer das Gerät von sich weg bzw. zu sich hin kippt, desto schneller bewegt er sich damit in der entsprechenden Richtung durch die Liste.

Um unabsichtliches Blättern zu vermeiden und um die Genauigkeit, mit der eine bestimmte Karte ausgewählt wird, zu erhöhen, wurde zusätzlich ein Kupplungsmechanismus eingebaut. Das bedeutet, dass zusätzlich eine zweite Aktion ausgeführt werden muss, damit wirklich etwas passiert. In diesem Fall wurde ein Drucksensor verwendet, so dass der Benutzer durch leichtes Drücken des Geräts die Aktion auslösen kann. Wenn er das Gerät jedoch nur locker in der Hand hält, wird nicht geblättert, auch wenn eine Neigung erkannt wird.



Abbildung 1.2: Navigation in einer sequenziellen Liste durch Blättern in einer Adresskartei (links) und in einer elektronischen Adresskartei (rechts). [3]

### Smarte Notizen

Dieses Beispiel [6] setzt nicht nur eine analoge Metapher auf einem elektronischen Gerät um, sondern bietet eine zusätzliche Funktionalität. Ein Handheld-Gerät mit einem Eingabestift dient dazu, ein Dokument zu betrachten. Wie bei Dokumenten auf Papier möchte sich der Benutzer Randnotizen machen. Sobald er sich mit dem Stift dem Display nähert, wird automatisch der Randbereich an dieser Stelle vergrößert, so dass genug Platz für Notizen entsteht. Man nutzt hier die Vorteile von elektronischen Dokumenten aus, nämlich dass der Text dynamisch umgeordnet werden kann, um den Randbereich zu verbreitern.

## Betrachten von Objekten

Es gibt diverse Anwendungen im Grafik-Bereich, wo grosse Objekte (beispielsweise eine Landkarte oder ein 3D-Modell eines Autos) mit einem relativ kleinen Display betrachtet werden sollen. Dabei soll der Benutzer das Objekt auch von allen Seiten betrachten können. Fitzmaurice [4] stellt ein Gerät namens "Chameleon" vor, das dank Positions- und Neigungssensoren seine Position im Raum in allen 6 Freiheitsgraden feststellen kann. Der Benutzer kann den Ausschnitt auf dem kleinen Display durch Bewegung verändern (Abb. 1.3) und damit verschiedene Teile des Objekts in verschiedenen Winkeln betrachten. Ein Kupplungsknopf regelt die Aktivierung der Scroll-Funktion, was beispielsweise praktisch ist, wenn der Benutzer das Gerät auf den Tisch legen möchte, ohne dass sich der Bildausschnitt dabei verändert.

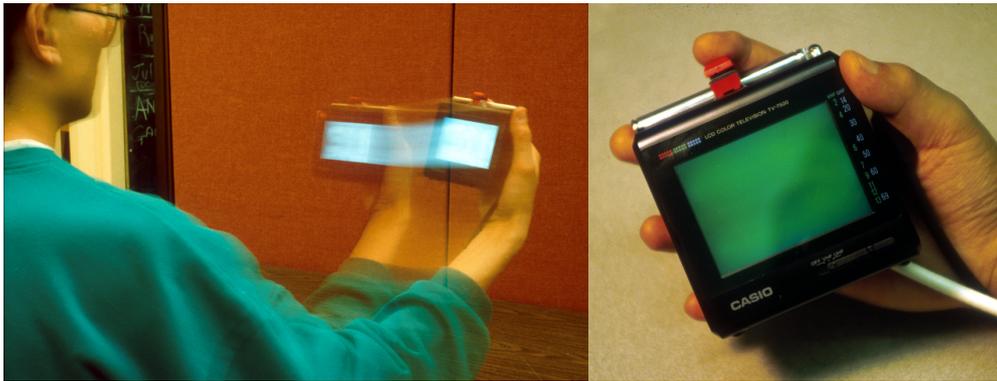


Abbildung 1.3: Bedienung des "Chameleons" durch Bewegung (links). Kupplungsknopf zur Repositionierung im Raum (rechts). [1]

## Display-Ausrichtung

Ein EUI, das der Benutzer kaum mehr wahrnimmt, ist in einem Prototypen von Bartlett eingebaut [2]. Je nachdem wie der Benutzer das Display hält, wird das Bild im Hoch- oder im Querformat angezeigt (Abb. 1.4).



Abbildung 1.4: Durch Drehung des Geräts wird die Bildschirmausrichtung automatisch angepasst. [2]

### Voice-Recorder

Hinckley et al. [7] haben einen PDA mit Infrarotsensor (zur Abstandsmessung), Drucksensor und Neigungssensoren ausgestattet. Wenn der Benutzer den PDA nun wie ein Mobiltelefon an sein Ohr hält, wird automatisch eine Sprachaufzeichnung gestartet. Sobald er das Gerät wieder weglegt, stoppt die Aufzeichnung. Um sog. *false positives* (also unabsichtliche Aktivierungen, beispielsweise in der Hosentasche) zu vermeiden, wurden mehrere Sensoren miteinander kombiniert.



Abbildung 1.5: PDA mit Infrarotsensor (oben), Druck-Sensoren (seitlich) und Neigungs-Sensoren (hinten). [7]

### Spielkonsole

Auch im Bereich der Spiele können EUIs eingesetzt werden. Dieses Marktsegment hat möglicherweise Potential, da bei immer komplexeren Spielen neue Formen der Interaktion gesucht werden. Im Beispiel von Bartlett [2] wird die Spielfigur durch Neigung auf dem Display bewegt.

## 1.4 Sensoren

Einer der wichtigsten Teile von EUIs sind die Sensoren. Dank ihnen kann das Gerät seine Umwelt (und damit die Aktionen des Benutzers) zumindest teilweise wahrnehmen. Auf das Prinzip der Sensoren wird im nächsten Kapitel noch etwas genauer eingegangen.

Da ein grosser Teil der EUI-Gerät mobil ist, müssen die Sensoren einige Anforderungen erfüllen. Unter anderem müssen sie klein, leicht, robust und energiesparend sein. Die Vielfalt der Sensoren ist gross. Zu den wichtigsten Typen gehören Druck-



Abbildung 1.6: Spielerische Anwendung von EUIs. [2]

und Berührungssensoren, Neigungs- und Positionssensoren (z.B. 6DOF<sup>2</sup>), Infrarotsensoren, Lichtsensoren. Zusätzliche Informationen kann das Gerät erhalten, indem es Sensoren kombiniert (siehe Beispiel Voice-Recorder).

---

<sup>2</sup>Six degrees-of-freedom, 6 Freiheitsgrade im Raum

## 2 Modelle für EUI-Design

Harrison et al. [6] stellen folgende Anforderungen an ein EUI:

**Task-Repräsentation:** Der Task (also das, was der Benutzer erreichen will) soll möglichst natürlich im Gerät verkörpert sein.

**Benutzeraktionen:** Das Gerät soll sich so verhalten, wie es der Benutzer erwartet.

**Feedback:** Das Gerät muss dem Benutzer anzeigen, ob und wie er eine Aktion ausgelöst hat.

Wir wollen nun ein etwas detaillierteres Modell von Fishkin et al. [3] betrachten, das im Wesentlichen 6 Prinzipien beinhaltet, die beim Entwurf eines EUI beachtet werden sollten. Ein solcher Formalismus kann bei einem relativ jungen Gebiet, wie dem der EUIs, helfen, schlechtes Design zu vermeiden.

### 2.1 Design-Modell von Fishkin

#### 1. Prinzip: Verkörperung

Das erste Grundprinzip besagt, dass die Elemente des Tasks durch Teile der Gerätehardware verkörpert sind. Der Zustand dieses Tasks wird direkt durch Manipulation der Hardware verändert. Diese Verkörperung ist die grundlegende Eigenschaft von EUIs.

#### 2. Prinzip: Physikalische Effekte

Ebenfalls ein Grundprinzip ist das Prinzip der physikalischen Effekte. Damit bezeichnet man die Forderung, dass Manipulationen natürlich, vertraut und konsistent sein müssen. Dadurch kann sich der Benutzer Bewegungen, die er zur Bedienung des Geräts verwendet, leicht merken. Beispielsweise sollte ein Zusammendrücken des Geräts zur Auswahl eines Elements, Bestätigung einer Dialogbox oder Aktivierung einer Funktion verwendet werden. Würde ein Gerät diese Bewegung plötzlich zum Scrollen eines Bildausschnittes verwenden, wäre das inkonsistent und der Benutzer würde irritiert.

#### 3. Prinzip: Metapher

Es ist grundsätzlich keine schlechte Idee, Metaphern aus bekannten Konzepten zu übernehmen. Dadurch wird dem Benutzer die Bedienung möglicherweise erleichtert,

da er das Prinzip der Bedienung bereits kennt. Allerdings muss Wert darauf gelegt werden, nur gute Metaphern zu verwenden. Unpassende Metaphern haben einen geringen Nutzen und sind zuweilen sogar schädlich für die Benutzbarkeit. Das elektronische Buch wäre für die meisten Menschen zum Beispiel mit zwei Tasten zur Vorwärts-/Rückwärtsnavigation bestimmt besser bedienbar als mit einer Blätterbewegung auf sensitiven Flächen (siehe Kapitel 1). Die Eindeutigkeit der Metapher muss darüber hinaus erhalten bleiben. So ist zum Beispiel nicht klar, ob ein Schütteln des Geräts eine Liste löscht oder randomisiert.

#### **4. Prinzip: Kinästhetische Manipulation**

Das Wort “Kinästhetik” setzt sich aus den griechischen Silben *kinesis* für Bewegung und *aisthesis* für Empfindung zusammen. Dieses Prinzip betrifft die Art der Bewegungen, die für die Bedienung des Gerätes erforderlich sind. Der wichtigste Punkt, den es zu beachten gilt, ist der Komfort der Bewegungen. Unbequeme oder gar ungesunde Bewegungen sollen unbedingt vermieden werden, sonst wird der Benutzer eine andere Form der Interaktion wählen. Es sollen für jede Aufgabe auch die passenden Modifikatoren eingesetzt werden. Das bedeutet beispielsweise, dass das Auswählen eines Elements aus einer Liste nicht mit einer groben Bewegung wie dem Schwenken des Armes durchgeführt werden soll. Viel mehr wären in diesem Fall *layered manipulations* zu empfehlen: Zuerst wird mit einer groben Bewegung eine grobe Positionierung gemacht, danach wird die Feinpositionierung mit einer feinen Bewegung ausgeführt.

#### **5. Prinzip: Sensoren**

Die Wichtigkeit der Sensoren wurde bereits im Kapitel 1 erwähnt. Sie dienen als Eingabe und sind die Schnittstelle zum Benutzer. Idealerweise sind sie unsichtbar, damit der Benutzer nicht den Eindruck hat, mit Sensoren zu kommunizieren, sondern mit dem Gerät.

Das Problem bei den Sensoren ist, dass sie nur eine beschränkte Sichtweise liefern. Ihre Messdaten sind *per se* ohne grossen Nutzen und müssen vom Gerät erst interpretiert werden. Dies muss auf möglichst intelligente Weise geschehen, um unbeabsichtigte Interpretationen zu vermeiden. Trotzdem muss dabei eine möglichst kurze Redaktionszeit geboten werden, falls der Benutzer tatsächlich eine Aktion auslösen möchte.

#### **6. Prinzip: Kommunikation**

Das letzte und möglicherweise wichtigste Prinzip betrifft die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine. Es braucht dafür eine einfache Sprache, die für das Gerät geeignet ist, aber vom Benutzer trotzdem einigermaßen natürlich verwendet werden kann. Bei EUIs werden typischerweise Gestenssprachen verwendet. Solche Kommunikationsprotokolle können auf aktiver oder passiver Benutzerinteraktion basieren. Bei der aktiven Interaktion gibt der Benutzer explizit eine Befehlsfolge ein. Passive Benutzeraktion soll dagegen “magisch” wirken, d.h. auf eine Weise dass das Gerät möglichst intelligent und selbständig auf die Umwelt reagiert, ohne dass der Benutzer explizit

eine Aktion durchführen muss. Ein Punkt, der beachtet werden muss, ist das Problem der Start- und Stoppsymbole. Das Gerät muss merken, wann ein Befehl beginnt und wann er zu Ende ist. Diese Symbole sollen möglichst dezent sein, um die Interaktion für den Benutzer einfacher zu machen.

## 3 EUI in der Praxis

In diesem Kapitel betrachten wir EUIs in der Praxis und geben einen Ausblick, wie dieses Paradigma die zukünftige Entwicklung von Geräten beeinflussen könnte.

### 3.1 Usability

Der Begriff *Usability* bezeichnet die Eigenschaften eines Objektes bezüglich seiner Benutzungsfreundlichkeit und seiner Brauchbarkeit. Das Ziel sollte immer sein, eine möglichst grosse Usability zu erzielen. Dabei können EUI-Modelle (siehe Kapitel 2) hilfreich sein, doch sollte beim Design die Usability im Vordergrund stehen und nicht die sture Umsetzung von Formalismen.

Alle in diesem Dokument vorgestellten Beispiele von Geräten mit einem EUI sind nur Prototypen zu Forschungszwecken. Es gibt deshalb noch einige Mängel, die zuerst beseitigt werden müssen, bevor entsprechende Produkte auch tatsächlich in der Praxis eingesetzt werden kann.

Heutige LCD-Displays leiden unter einer starken Blickwinkelabhängigkeit. Neigen oder Bewegen des Geräts kann deshalb nur bedingt als Eingabe verwendet werden, da ansonsten der Bildschirm für den Benutzer nicht mehr lesbar ist. Bei den Bewegungen muss unbedingt auch darauf geachtet werden, dass sie nicht zu anstrengend sind oder bei häufigem Wiederholen gar körperliche Beeinträchtigungen hervorrufen (Prinzip der kinästetischen Manipulation).

Ein weiterer wichtiger Aspekt sind unterschiedliche Erwartungen der Benutzer. Für den Entwickler eines Geräts mag es logisch erscheinen, dass eine Neigung nach links das Bild auf dem Display nach links verschiebt. Wenn der Benutzer aber erwartet, dass stattdessen das Sichtfenster verschoben wird, dann wird er sich über das "falsche" Verhalten nerven. Beim Design sollte deshalb darauf geachtet werden, dass Interpretationen eindeutig sind und/oder der Benutzer das Verhalten des Gerätes einstellen kann.

### 3.2 Aussichten

In den kommenden Jahrzehnten werden sich viele Probleme wahrscheinlich entschärfen. Durch neue Techniken kann etwa die Energieproblematik gelindert werden und Design-

Prinzipien werden durch weiterentwickelte Produkte und umfangreiche Usability-Studien perfektioniert.

Dennoch haben EUIs kaum das Potential, "rückständige" UIs zu ersetzen. Es gibt keine perfekte Benutzerschnittstelle für alle Anwendungen. Das ideale User Interface ist deshalb nicht an der Spitze einer Evolution zu suchen, wie es Fishkin et al. postulieren, sondern in einer sinnvollen Kombination aller UI-Techniken. Im Nebeneinander der verschiedenen Technologien mit ihren Vor- und Nachteilen dürfte der grösste Nutzen liegen.

# Literaturverzeichnis

- [1] <http://www.dgp.toronto.edu/~gf/Research/Chameleon/>.
- [2] Joel F. Bartlett. Rock 'n' scroll is here to stay. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, 20(3):40–45, 2000.
- [3] Kenneth P. Fishkin, Thomas P. Moran, and Beverly L. Harrison. Embodied user interfaces: Towards invisible user interfaces. In *Proceedings of the Seventh Working Conference on Engineering for Human-Computer Interaction*, pages 1–18. Kluwer, B.V., 1999.
- [4] George W. Fitzmaurice and William Buxton. The chameleon: Spatially aware palmtop computers. *CHI94 Companion-4/94 Boston, Massachusetts USA*, pages 451–452, 1994.
- [5] Patrick Frigg. Tangible User Interfaces - Beispiele und eine Taxonomie. ETH Zürich, Departement für Informatik, Seminar Verteilte Systeme SS2005 zum Thema “Smarte Objekte und smarte Umgebungen”, 2005.
- [6] Beverly L. Harrison, Kenneth P. Fishkin, Anuj Gujar, Carlos Mochon, and Roy Want. Squeeze me, hold me, tilt me! an exploration of manipulative user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 17–24, 1998.
- [7] Ken Hinckley, Jeff Pierce, Mike Sinclair, and Eric Horvitz. Sensing techniques for mobile interaction. In *Proceedings of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 91–100. ACM Press, 2000.
- [8] Jun Rekimoto. Tilting operations for small screen interfaces. In *Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 167–168. ACM Press, 1996.