



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# Anwendung II

Christian Fischer

Interaktionskomponenten für Collaborative  
Workspaces

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Einführung</b>                                   | <b>3</b>  |
| 1.1 Einordnung in das gesamte Masterprojekt . . . . . | 3         |
| 1.2 Ziel dieser Ausarbeit . . . . .                   | 4         |
| <b>2 Analyse</b>                                      | <b>5</b>  |
| 2.1 Optisches, statisches Tracking . . . . .          | 5         |
| 2.1.1 Tracking des Eingabemediums . . . . .           | 5         |
| 2.1.2 Tracking auf dem Ausgabemedium . . . . .        | 7         |
| 2.2 Kamera als Eingabegerät . . . . .                 | 8         |
| 2.2.1 Direkte Manipulation . . . . .                  | 9         |
| 2.2.2 Indirekte Manipulation . . . . .                | 9         |
| 2.3 Interaktion durch Bewegung . . . . .              | 11        |
| <b>3 Auswertung</b>                                   | <b>13</b> |
| <b>Literaturverzeichnis</b>                           | <b>16</b> |

# 1 Einführung

## 1.1 Einordnung in das gesamte Masterprojekt

Gemeinsam mit den Ausarbeitungen aus „Anwendung I“ und dem Seminar, bildet diese Arbeit wesentliche Einführungskomponenten der anstehenden Masterarbeit in dem Themengebiet „Multimodale Interaktionen in Collaborative Workspaces“ des UbiComp-Projektes<sup>1</sup> der HAW Hamburg. Um den Zusammenhang der einzelnen Module besser nachvollziehen zu können, ist in Abbildung 1.1 ein Ausschnitt des Aufbaus der Master Thesis dargestellt. Insgesamt sind es vier Bestandteile, welche aktuell in die Masterarbeit einfließen:

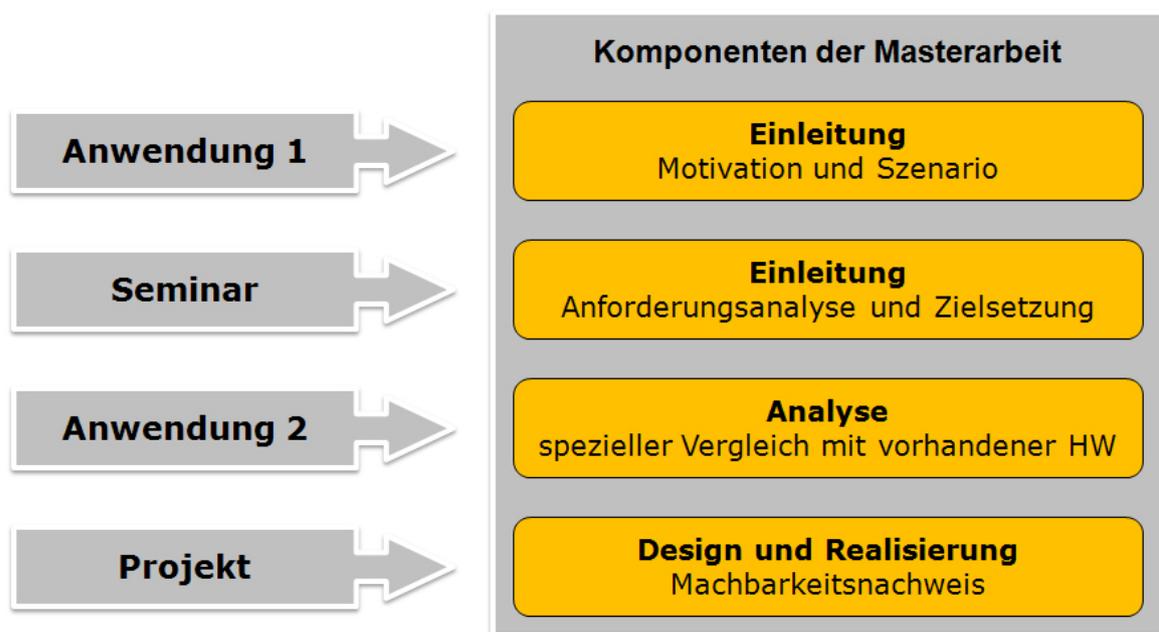


Abbildung 1.1: Aufbau Master Thesis (Auszug)

Mit **Anwendung I** wird ein ersten Einblick in das Themengebiet „Multimodale Interaktionen in Collaborative Workspaces“ vermittelt (Fischer (2006b)). Nach einer einführenden Darstellung der groben Idee des UbiComp-Projektes und umfangreichen Beschreibung vorliegender

<sup>1</sup>UbiComp-Projekt der HAW Hamburg: <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/>

Szenarien werden Anforderungen an die eigentliche Interaktion erhoben, um danach Eingabegeräte bewerten zu können. Anschliessend wird ein Überblick vermittelt, was bis dato an kommerziellen Geräten für die Interaktion mit Computersystemen verfügbar bzw. gebräuchlich ist und eine kurze Analyse gemacht, ob diese den Anforderungen gerecht werden.

Darauf aufbauend erfolgt in der **Seminararbeit** (Fischer (2006a)) die Themenabgrenzung für die Masterarbeit „Entwicklung einer Interaktionskomponente für Collaborative Workspaces“. Es werden Anforderungen an das Gesamtsystem bzgl. Interaktion und an die Eingabekomponente in Hinblick auf ihre Funktionalität erarbeitet.

In der Seminararbeit werden zwei offene Punkte definiert, welche im nächsten Schritt behandelt werden müssen. Zum einen ist dies die Entwicklung einer beispielhaften Applikation auf der Anwendungsebene. Der anderer Teil ist die Auswahl und Entwicklung geeigneter Technologien für die Interaktionskomponente und wird durch diese Arbeit in Angriff genommen.

## 1.2 Ziel dieser Ausarbeit

Es soll ein Überblick über Technologien vermittelt werden, die potentiell als Eingabegeräte des Collaborative Workspace im Sinne des UbiComp-Projektes eingesetzt werden könnten. Unter Verwendung der Erkenntnisse aus Anwendung I und mit Blick auf die Anforderungen aus der Seminararbeit soll eine Validierung erfolgen, wobei der Hauptaugenmerk auf der Vorstellung themenähnlicher Projekte liegt, um Ideen für „das“ passende Eingabeinstrument zu finden. Praktisch dient diese Arbeit dem Projekt als Einleitung und Leitfaden für die stattfindende Entwicklung eines Eingabegerätes.

## 2 Analyse

Mit potentiell geeigneten Eingabegeräten sind hier Geräte gemeint, welche annähernd den Anforderungen aus der Seminararbeit gerecht werden, diese sind: Zeigerpositionierung, Orientierung, Lokalisierung, Wechselwirkung, Bewegung und Haptik.

Wichtig ist bei der Wahl von Referenzprojekten der Blick auf die erfolgte Beschränkung der Interaktion aus der Seminararbeit. Mit Bezug auf die Natürlichkeit der Interaktion bilden die Hände das Eingabemedium, durch Gestiken werden Wechselwirkungen erreicht. Somit reduziert sich das Themenumfeld und lässt sich wie folgt klassifizieren:

### 2.1 Optisches, statisches Tracking

Mit optischem Tracking ist die Methodik gemeint, mit Hilfe eines statischen Kameraaufbaus in einer Interaktionsumgebung Bewegungen aufzunehmen und zu analysieren. Zu unterscheiden sind hier zwei Möglichkeiten der Umsetzung:

#### 2.1.1 Tracking des Eingabemediums

Hierbei wird das Interaktionsobjekt an sich aufgenommen. Bezogen auf die Seminararbeit ist die Hand und damit Objekte in der Hand im Fokus der Auswertung. Es gibt diverse Projekte, in denen diese Technik verwendet und validiert wird. Beispielhaft werden hier Techniken präsentiert:

2003 entwickeln [Cao und Balakrishnan \(2003\)](#) VisionWand (vgl. Abb. 2.1), ein Stab, der als dreidimensionales Eingabegerät fungiert. Bewegungen in alle sechs Freiheitsgrade (Translation X, Y, Z und Rotation X, Y, Z) können erfasst werden. Von zwei Kameras aufgenommen, wird die Position und Orientierung des Gerätes anhand von farblich eindeutigen Markierungen an den beiden Enden errechnet.

[Miyaku u. a. \(2004\)](#) verwenden in „C-Blink“, ein mobiles Endgerät mit Display als Eingabegerät. Eine auf der Leinwand befestigte Kamera erkennt das Endgerät, indem das Display als Lichtquelle fungiert. Über eindeutige Farben können unterschiedliche Geräte erkannt

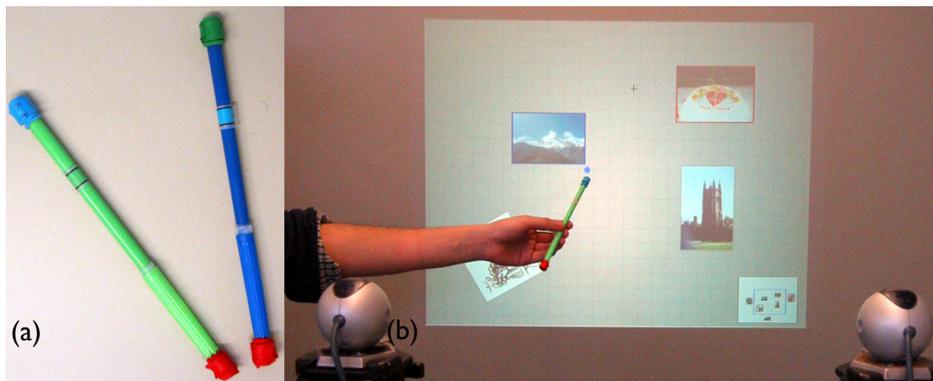


Abbildung 2.1: VisionWand

werden (vgl. Abb. 2.2). Um sich von der Umgebungshelligkeit abzuheben, leuchtet die Lichtquelle nicht permanent, sondern blink z.B. mit 30 Hertz. Die Funktionalität beschränkt sich hierbei auf die Positionsbestimmung des Eingabegerätes, wodurch in Verbindung mit den Tasten auf dem Gerät eine Selektion von Objekten auf der Leinwand möglich ist.

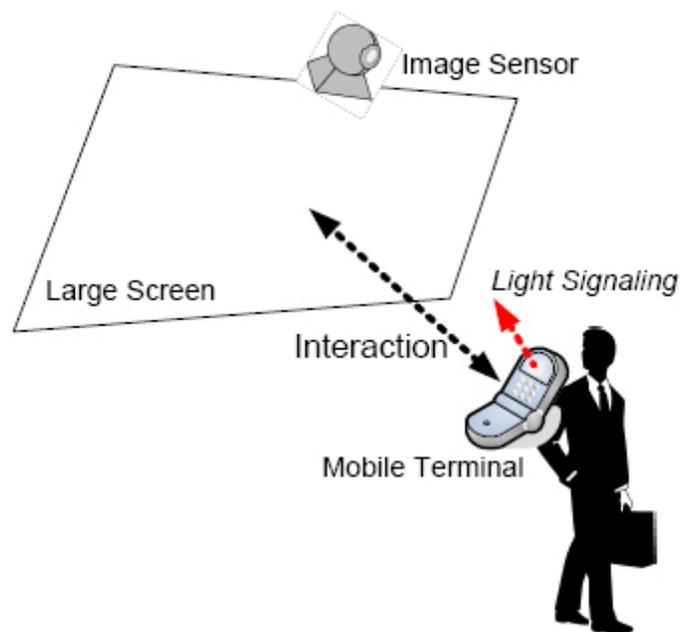


Abbildung 2.2: C-Blink

Vogel und Balakrishnan (2005) verwenden einen mit Markierungen versehenen Handschuh (vgl. Abb. 2.3), der mit Hilfe eines Vicon-Tracking-Systems<sup>1</sup> im Raum erkannt wird. Aktuell

<sup>1</sup>Vicon Tracking System: [www.Vicon.com](http://www.Vicon.com)

werden nur Funktionen umgesetzt, die aus der Interaktion mit einer Maus bekannt sind, der Fokus liegt auf Zeigen und Selektion.

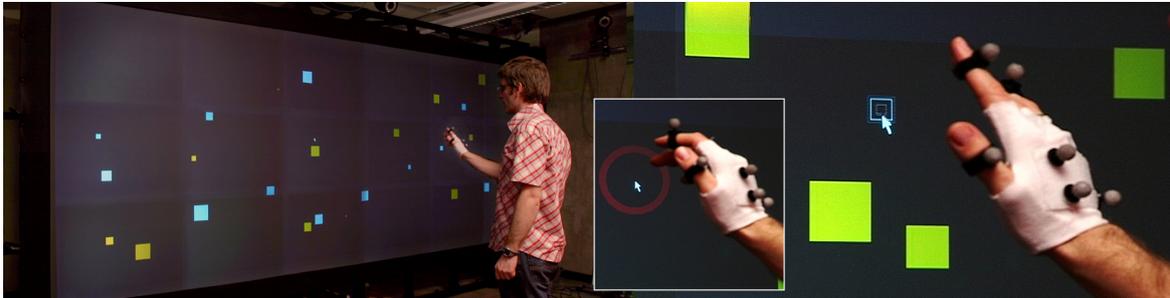


Abbildung 2.3: Distant Freehand Pointing and Clicking

Lösungen wie „VisionWand“ erfüllen zu einem Großteil die Anforderungen an die Interaktionskomponente, jedoch ist das optische, statische Tracking des Eingabegerätes generell nicht besonders praktikabel wenn auf die Szenarien in dem Collaborative Workspace zurückgeblickt wird. Die Aufbauten (Kameras, etc.) schränken den Bewegungsfreiraum erheblich ein, was sich besonders bei der Verwendung mit mehreren Leuten nachteilig niederschlägt.

### 2.1.2 Tracking auf dem Ausgabemedium

Tracking des Ausgabemediums, in diesem Fall großer Display bzw. Leinwände hat den Vorteil, dass Kameraaufbauten zwar benötigt werden, aber besonders hinter der Leinwand keineswegs den Bewegungsfreiraum beeinträchtigen.

Einen klassischen Ansatz für Laserpointer-Interaktion liefern [Dan R. Olsen und Nielsen \(2001\)](#). Der Punkt eines Laserpointers auf einem Display wird als Cursor interpretiert und kann positionsabhängig einen von vier Modi einnehmen: Positionierung, Scrolling, Graffiti (Eingabe im Freistil) und als Interaktionselement auf dafür vorgesehene Schaltflächen.

Funktional weiter ausgeprägt ist eine Mehrpunkt-Lasertechnik von [Matveyev und Göbel \(2003\)](#) (vgl. Abb. 2.4), der IR-Stylus(optical tweezers). Der prägnante Unterschied ist die Verwendung bestimmter Optik, welche einen Laserpunkt in drei einzelne aufspaltet, wodurch funktional vier Freiheitsgrade der Bewegung erreicht werden. Die Interaktion mit Objekten kann über zwei Ansätze umgesetzt werden: Über Gestiken, die geometrisch interpretiert werden oder durch gewollte mechanische Veränderung der Optik durch z.B. Drücken einer Taste.

Mehrbenutzerfähigkeit beim Einsatz von Laserstrahlen erreichen [Bi u. a. \(2005\)](#). Das Eingabegerät wird um einen Funksender erweitert, der neben der Betätigung des Laserpointers

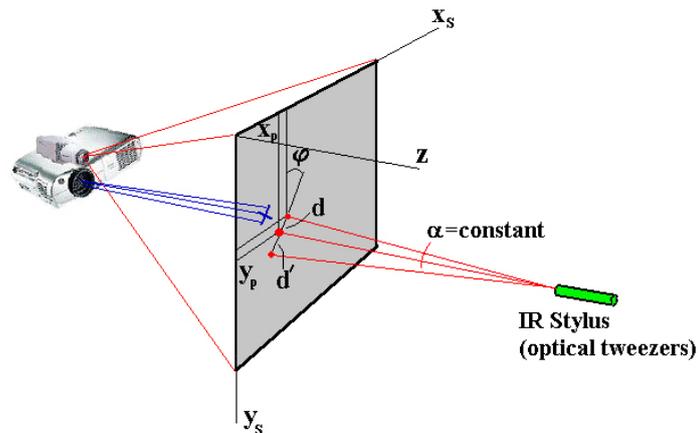


Abbildung 2.4: IR-Stylus

periodisch die Kennung des Gerätes unter Verwendung von Zeitschlitzverfahren überträgt. Somit ist eindeutig assoziierbar, welcher Benutzer mit welchem Zeigegerät arbeitet.

Um den Funktionsumfang zu erweitern bietet sich der Einsatz von Gestenerkennung an, wie es beispielsweise [Shizuki u. a. \(2006\)](#) tun. Hierbei liegt der Fokus auf der Steuerung von Präsentationen oder Objekten auf der Leinwand. Durch das Ausführen von Bewegungsmustern (besonders mit Bewegungen über den Bildschirmrand hinaus) kann Interaktion erreicht werden, wie z.B. Seitenwechsel, Rotation oder Zoom.

## 2.2 Kamera als Eingabegerät

Dieser Abschnitt könnte zu Kapitel [2.1.2](#) gehören, denn eine Kamera ist auf das ausgegebene Bild gerichtet und markante Punkte im Bild werden analysiert. Die eigentliche Idee ist jedoch eine ganz andere: eine Kamera selbst wird als Interaktionskomponente verwendet und nimmt, im Gegensatz zu z.B. den Laserpointern, nicht die Auswirkung anderer Eingabegeräte auf, sondern es wird das eigene Bild interpretiert, wodurch eine Interaktion adaptiert werden kann.

Gemäß [Ballagas u. a. \(2006\)](#) können Applikationen anhand von zwei Attributen klassifiziert werden. Die **Positionierung bzw. Bewegung** und die **Ausrichtung**. Die Positionierung sagt aus, ob ein Objekt, wie z.B. ein Zeiger, relativ oder absolut bewegt wird. Die Ausrichtung der Kamera meint, ob auf den zu interagierenden Bereich oder einer Referenzfläche gezeigt wird oder in eine andere Richtung, also die direkte oder indirekte Verwendung. Dies erlaubt eine Differenzierung nach vier unterschiedlichen Ansätzen. Im Folgenden wird nach dem Attribut Ausrichtung unterschieden:

### 2.2.1 Direkte Manipulation

Eine Kamera wird direkt auf die zu interagierende Fläche oder den zu interagierenden Raum gerichtet.

Wie in vielen aktuellen Projekten wird bei [Ballagas u. a. \(2005\)](#) eine integrierte Kamera eines mobilen Endgerätes (in dem Fall ein Handy) verwendet. Mit „Point and Shoot“ kommen visuelle Codes zum Einsatz, um die Koordinaten des Zeigepunktes zu bestimmen (s. [Abb. 2.5](#)). Es gibt mehrere Ansätze zur Implementation, aktuell wird bei der Selektierung eines Objektes kurzzeitig ein Raster auf dem eigentlichen Bild eingeblendet. Eine Optimierung wäre die Visualisierung der Codes mit Infrarotlicht. Nachteilig ist hierbei, dass das optische Feedback nur zeitdiskret umsetzbar ist, der Benutzer würde lediglich auf dem Handy einen Cursor sehen, erst Interaktionen sind auf dem großen Display nachvollziehbar.



Abbildung 2.5: Point and Shoot

Ein vielversprechender Ansatz ist die Umsetzung des Interaktionsgerätes „Zoom-and-Pick“, das gleichzeitig die Ausgabequelle ist. [Forlines u. a. \(2005\)](#) zeigen ein System, welches auf einen beliebigen, jedoch markierten Bereich des Ausgabebilds projiziert, und gleichzeitig mit einer Kamera den Fokus der Halterichtung und damit die Position eines Cursors berechnet. Wie in [Abbildung 2.6](#) zu sehen passt sich das Bild der Haltung der Hand bzw. des Arms an und erscheint stets korrekt. Über geometrische Algorithmen lässt sich die Zeigerposition berechnen. Theoretisch kann so jede Oberfläche zu einem Display werden, einzig die Frage der Kollaboration wird in der Arbeit nicht gestellt, wobei die Mehrbenutzerfähigkeit technisch umsetzbar ist.

### 2.2.2 Indirekte Manipulation

Das „CaMus“-System von [Rohs u. a. \(2006\)](#) hat als Ziel, eine musikalische Live-Performance zu gestalten. Es ähnelt stark dem „Point and Shoot“ von Ballagas, jedoch ist die Positionierung hier relativ umgesetzt. Das Handy wird auf einen „virtuellen Arbeitsplatz“ gerichtet

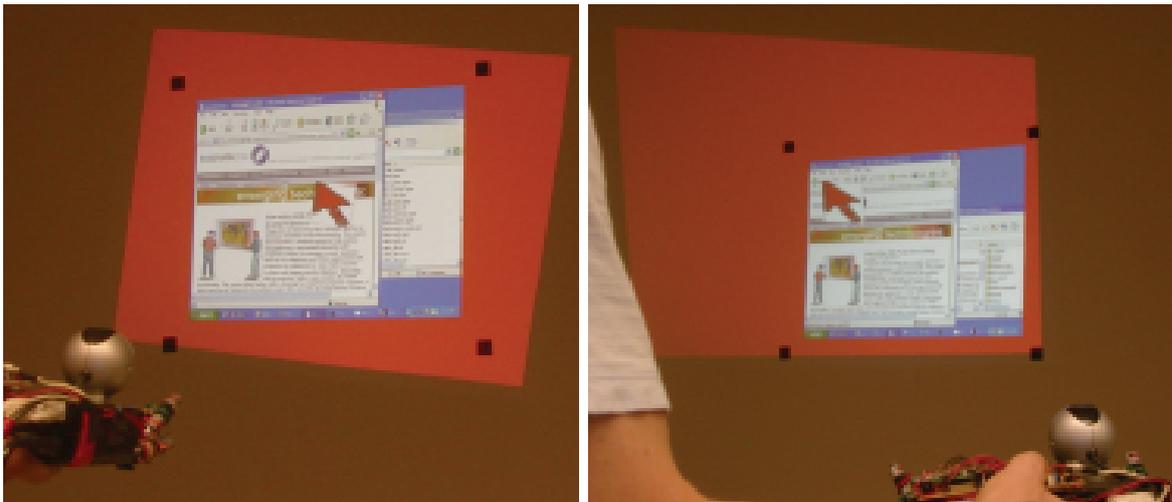


Abbildung 2.6: Zoom-and-Pick: Projektor und Kamera

und über feste Code-Gitter-Strukturen ist eine konkrete, absolute Lokalisierung eines Zeiges möglich (s. Abb. 2.5).



Abbildung 2.7: CaMus

Ebenfalls unter Verwendung eines Gitter mit farbigen Codes, geht das Eingabesystem von Hachet u. a. (2005) einen Schritt weiter. Es ermöglicht relative Bewegungen auf in Freiheitsrichtungen. Die Philosophie hierbei ist, das zu betrachtende Objekt in der Hand zu halten (das Gittermuster) und mit einer, auf einem PDA installierten, Kamera die Bewegungen auswerten zu können (s. Abb. 2.8).



Abbildung 2.8: Hachet: Zweihändige 3D-Interaktion

Ungebunden an eine bestimmte Kameravorlage arbeiten die Systeme „Sweep“ von [Ballagas u. a. \(2005\)](#) und „TinyMotion“ von [Wang u. a. \(2006\)](#), jedoch ist hier die Positionierung relativ. Über Differenzen zwischen Bildern können Handbewegungen in vier Richtungen festgestellt werden (vgl. Sweep in Abb. 2.9).



Abbildung 2.9: Sweep

## 2.3 Interaktion durch Bewegung

Interaktion bzw. Positionierung durch Bewegung ist bereits im Kapitel [2.2.2](#) mit den Systemen „Sweep“ und „tinyMotion“ vorgestellt worden. An dieser Stelle werden für die Aufnahme von Bewegungen keine Kameras verwendet, sondern Beschleunigungssensoren. Dass die

Interaktion mit solchen Sensoren Potential hat, zeigt [Zhai \(1998\)](#) in einem Vergleich verschiedener Eingabetechniken im dreidimensionalen Raum, als versucht wird, zwei Tetraeder konkruent aufeinander zu bringen und dies in passabler Zeit gelingt. Festzuhalten ist hierbei, dass es sich um relative Bewegungen handelt. Darauf aufbauend gibt es viele Projekte, eines von [Rekimoto \(1996\)](#), in dem ein PDA durch Rotation um die eigenen Achsen bedient werden kann.

## 3 Auswertung

Bisher sind in Kapitel 2 verschiedene Technologien vorgestellt worden, die jeweils bestimmte Aspekte der Anforderungen an das System aus dem gestellten Szenario erfüllen. Aus dem Zusammenschluss einzelnen Projekte bzw. Aspekte einzelner Projekte kann eine Interaktionskomponente entstehen, die den gesamten Anforderungen gerecht wird. Bevor an dieser Stelle eine Herleitung dessen geschieht, ist es sinnvoll das neue Eingabegerät von Nintendo zu erwähnen, den Nintendo Wiimote-Controller <sup>1</sup>.

Aus mehreren Gründen ist er geeignet als Eingabegerät für den CW:

**Ausrichtung und Positionsbestimmung** Die nach Ballagas u. a. (2006) erfolgte Klassifizierung von Kamera-basierten Eingabegeräten in Kapitel 2.2 erfüllt die Wiimote ganz im Sinne der Anforderung: Es ist die direkte Ausrichtung mit absoluter Positionsbestimmung möglich.

**Technologien** Der Controller verfügt primär (aus Sicht dieser Arbeit) über die zwei wichtigsten Technologien: In der Front ist ein Kameramodul in Kombination mit einer Recheneinheit installiert, welches maximal vier Infrarotzentren zurückgibt. Mit geeigneten Tags lassen sich so Objekte oder Flächen identifizieren, ähnlich wie beim „Zoom-and-Pick“-Projekt.

Ein integrierter Beschleunigungssensor macht die Analyse von Bewegungen möglich, ähnlich wie es beim Projekt von Rekimoto (1996) vollzogen wird. (s. Abb. 3.1)

Als Kommunikationsschnittstelle dient Bluetooth, wodurch, in Verbindung mit der zu Grunde liegenden Technik, die Mehrbenutzerfähigkeit gewährleistet.

Für akustische, optische und haptische Rückmeldungen sind Lautsprecher, LED's und Vibrator installiert. (s.Abb. 3.1)

Mehr über die Möglichkeiten, Informationen gemäß Anforderungen an die Funktionalität aus den gewonnen Daten zu ermitteln, kann dem Projektbericht entnommen werden.

**Kostengünstig** Da es sich um ein Gerät für den Endverbraucher handelt, ist er leicht und für relativ geringen monetären Aufwand zu beziehen.

---

<sup>1</sup>Nintendo Wiimote: <http://wii.nintendo.de/1017.html>

## Eingabe

- Infrarot-Modul:  
PixArt Multi-Object Tracking™ engine  
(MOT sensor™)
- 3-achsiger Beschleunigungssensor:  
Analog Devices ADXL330
- 12 Tasten

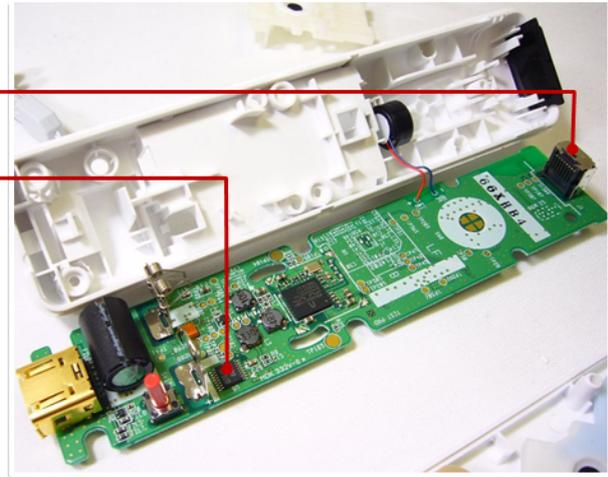


Abbildung 3.1: Nintendo Wiimote: Kameramodul und Beschleunigungssensor

**Knowledge** Es handelt sich um ein kommerzielles Gerät, was die Portierung in das hintergründige Szenario schwierig machen könnte. Hier ist das nicht der Fall, da sich bereits eine stetig wachsende Gemeinde bemüht, technisches Know-How und besonders die Verwendung für eigene Interessen zu erarbeiten. Somit ist die Anfangshürde der Installation und Einbindung sehr gering. Es gibt bereits diverse Treiber und Analysetools für Windows (GlovePIE, WiinRemote, RMX, wiimote), Linux (WMD, CWiid, Wiiewer, Perlwiimote ) und Mac (DarwiinRemote, Remote Buddy).

### Ausgabe

- Vibrator
- Lautsprecher

### Kommunikation

- Bluetooth HID:  
Broadcom BCM2042

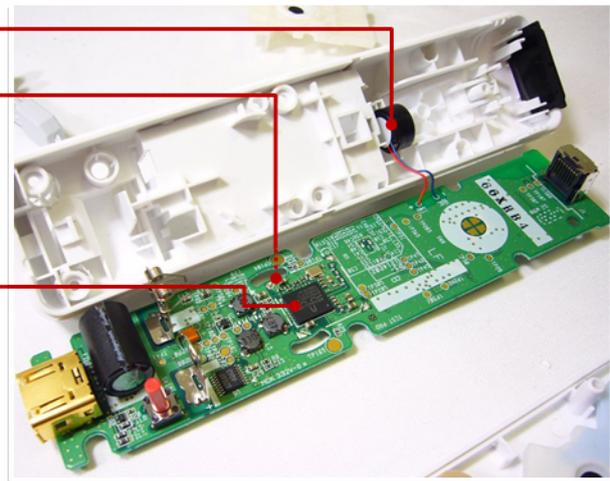


Abbildung 3.2: Nintendo Wiimote: Rückmeldungen

# Literaturverzeichnis

- [Ballagas u. a. 2006] BALLAGAS, Rafael ; BORCHERS, Jan ; ROHS, Michael ; SHERIDAN, Jennifer G.: The Smart Phone: A Ubiquitous Input Device. In: *IEEE Pervasive Computing* 5 (2006), Nr. 1, S. 70. – ISSN 1536-1268
- [Ballagas u. a. 2005] BALLAGAS, Rafael ; ROHS, Michael ; SHERIDAN, Jennifer G.: Sweep and point and shoot: phonecam-based interactions for large public displays. In: *CHI '05: CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 2005, S. 1200–1203. – ISBN 1-59593-002-7
- [Bi u. a. 2005] BI, Xiaojun ; SHI, Yuanchun ; CHEN, Xiaojie ; XIANG, Peifeng: Facilitating interaction with large displays in smart spaces. In: *sOc-EUSAI '05: Proceedings of the 2005 joint conference on Smart objects and ambient intelligence*. New York, NY, USA : ACM Press, 2005, S. 105–110. – ISBN 1-59593-304-2
- [Cao und Balakrishnan 2003] CAO, Xiang ; BALAKRISHNAN, Ravin: VisionWand: interaction techniques for large displays using a passive wand tracked in 3D. In: *UIST '03: Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 2003, S. 173–182. – ISBN 1-58113-636-6
- [Dan R. Olsen und Nielsen 2001] DAN R. OLSEN, Jr. ; NIELSEN, Travis: Laser pointer interaction. In: *CHI '01: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 2001, S. 17–22. – ISBN 1-58113-327-8
- [Fischer 2006a] FISCHER, Christian: *Entwicklung einer Interaktionskomponente in Collaborative Workspaces*. 11 2006. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master06-07/fischer/report.pdf>. – Anwendung 2
- [Fischer 2006b] FISCHER, Christian: *Multimodale Interaktionen in Collaborative Workspaces*. Juli 2006. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2006/fischer/abstract.pdf>. – Seminarbericht
- [Forlines u. a. 2005] FORLINES, Clifton ; BALAKRISHNAN, Ravin ; BEARDSLEY, Paul ; BAAR, Jeroen van ; RASKAR, Ramesh: Zoom-and-pick: facilitating visual zooming and precision pointing with interactive handheld projectors. In: *UIST '05: Proceedings of the 18th annual*

- ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 2005, S. 73–82. – ISBN 1-59593-271-2
- [Hachet u. a. 2005] HACHET, Martin ; POUDEIROUX, Joachim ; GUITTON, Pascal: A camera-based interface for interaction with mobile handheld computers. In: *SI3D '05: Proceedings of the 2005 symposium on Interactive 3D graphics and games*. New York, NY, USA : ACM Press, 2005, S. 65–72. – ISBN 1-59593-013-2
- [Matveyev und Göbel 2003] MATVEYEV, Sergey V. ; GÖBEL, Martin: The optical tweezers: multiple-point interaction technique. In: *VRST '03: Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 2003, S. 184–187. – ISBN 1-58113-569-6
- [Miyaoku u. a. 2004] MIYAOKU, Kento ; HIGASHINO, Suguru ; TONOMURA, Yoshinobu: C-blink: a hue-difference-based light signal marker for large screen interaction via any mobile terminal. In: *UIST '04: Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 2004, S. 147–156. – ISBN 1-58113-957-8
- [Rekimoto 1996] REKIMOTO, Jun: Tilting operations for small screen interfaces. In: *UIST '96: Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 1996, S. 167–168. – ISBN 0-89791-798-7
- [Rohs u. a. 2006] ROHS, Michael ; ESSL, Georg ; ROTH, Martin: CaMus: live music performance using camera phones and visual grid tracking. In: *NIME '06: Proceedings of the 2006 conference on New interfaces for musical expression*. Paris, France, France : IRCAM & Centre Pompidou, 2006, S. 31–36. – ISBN 2-84426-314-3
- [Shizuki u. a. 2006] SHIZUKI, Buntarou ; HISAMATSU, Takaomi ; TAKAHASHI, Shin ; TANAKA, Jiro: Laser pointer interaction techniques using peripheral areas of screens. In: *AVI '06: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*. New York, NY, USA : ACM Press, 2006, S. 95–98. – ISBN 1-59593-353-0
- [Vogel und Balakrishnan 2005] VOGEL, Daniel ; BALAKRISHNAN, Ravin: Distant freehand pointing and clicking on very large, high resolution displays. In: *UIST '05: Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 2005, S. 33–42. – ISBN 1-59593-271-2
- [Wang u. a. 2006] WANG, Jingtao ; ZHAI, Shumin ; CANNY, John: Camera phone based motion sensing: interaction techniques, applications and performance study. In: *UIST '06: Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 2006, S. 101–110. – ISBN 1-59593-313-1
- [Zhai 1998] ZHAI, Shumin: User performance in relation to 3D input device design. In: *SIGGRAPH Comput. Graph.* 32 (1998), Nr. 4, S. 50–54. – ISSN 0097-8930