

Lernerzentrierte Gestaltung interaktiver Tafeln und armlanger Interfaces am Interaction Design Lab¹

Dr. Henning Breuer⁺, Prof. Dr. Nelson Baloian⁺⁺, Maike Breuer⁺⁺⁺, Steffi Husslein⁺

⁺ Fachhochschule Potsdam, breuer@fh-potsdam.de, husslein@fh-potsdam.de

⁺⁺ Universidad de Chile, Santiago de Chile, nbaloian@dcc.uchile.cl

⁺⁺⁺ Justus-Liebig-Universität Gießen, Maike.Breuer@psychol.uni-giessen.de

Abstract: Interaktive Tafeln werden im Klassenraum in der Regel als Präsentationsmedium mit Annotationsfunktionen verwendet und verbinden so die Funktionen der klassischen Kreidetafel mit der Präsentation von Dias oder Online-Inhalten. Pädagogische und situative Grenzen dieses Ansatzes werden kaum diskutiert oder evaluiert. Einem lernerzentrierten Entwicklungsansatz folgend haben wir Literaturstudien, systematische Beobachtungen in Unterrichtsräumen und Interviews mit Schülern und Lehrern durchgeführt, um Begrenzungen von Standardsoftware zu identifizieren und Anforderungen für Interfaces interaktiver Tafeln im Unterricht zu formulieren. Wir stellen Richtlinien für die Gestaltung von Softwareumgebungen dar, die das Unterrichtsgeschehen angemessen unterstützen, indem sie unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten in ein einheitliches technisches und visuelles Rahmenwerk integrieren. Zwei funktionsfähige Prototypen werden vorgestellt, von denen der eine in einer Befragung von Studierenden der Informatik evaluiert wurde. In der Arbeit am zweiten Prototypen, DeepBoard genannt, wurde der Ansatz weiter entwickelt. Er realisiert ein gestenbasiertes Interaktionsparadigma und ermöglicht eine flexible Erstellung, Präsentation und Dokumentation von Lernmaterialien. Abschließend werden Gestaltungsperspektiven entsprechender armlanger Interfaces für formale und informelle Lernumgebungen diskutiert.

¹ Eine frühere Version dieser Arbeit wurde auf der World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications 2005 in Montreal (27. Juni – 2. Juli) vorgestellt.

1 Interfacedesign und lernerzentrierte Gestaltung

Die Entwicklung von Interfaces und Nutzungsformen neuer Medien und ihrer Formate wird häufig vom technisch machbaren, seltener vom gesellschaftlich wünschbaren oder situativ Angemessenen getrieben. Häufig hat sich aber gezeigt, dass Probleme im Umgang mit Technologie nicht unbedingt weitere technische Entwicklung erfordern, sondern der bewussten Gestaltung durch Interaktionsdesigner bedürfen. Auch die Gestaltung kann ins Leere laufen, wenn sie nicht von vornherein ihr Anderes, die Nutzer der entsprechend gestalteten Umwelten und Produkte, im Blick behält. Mit wachsendem Mediengebrauch rücken die Schnittstellen zwischen den Benutzern und den medialen Geräten immer stärker in das Interesse der Forschung. Interaktionsdesign beschränkt sich jedoch nicht allein auf die Gestaltung konkreter Schnittstellen für computerbasierte Geräte, sondern reicht über deren Anwendungs- und Verwertungsprozesse hinaus in unterschiedliche Alltagskontexte etwa der Arbeit, der Mobilität, und des Lernen. Neben dem Paradigma der Nutzerzentrierung in der Gestaltung wird seit einigen Jahren eine davon zu unterscheidende Lernerzentrierung postuliert [QuKa01]. Während benutzerzentrierte Gestaltung die Bearbeitung meist wohldefinierter Aufgaben unterstützt, soll lernerzentrierte Gestaltung auch konstruktive Lernprozesse unterstützen, bei denen ein Gegenstand der Bearbeitung nicht immer vorausgesetzt werden kann. Erst seit jüngster Zeit sind interaktive Medien zur Unterstützung formaler und informeller Lernumgebungen ein Gegenstand gestalterischer Arbeit.

2 Interaktive Tafeln zur Unterstützung der Lehre

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes von Mitarbeitern des Interaction Design Lab und Informatikern der Universidad de Chile wurde versucht, den nutzer- und lernerzentrierten Gestaltungsansatz auf das Interfacedesign interaktiver Tafeln anzuwenden. Die Ausgangsüberlegung war, dass interaktive Medien zur Unterstützung von Lernen und Lehren in aller Regel für Szenarien des „Einzelnen und seines Bildschirms“ entwickelt werden, während zugleich die meisten Lernaktivitäten weiterhin in Präsenzveranstaltungen und damit in Situationen stattfinden, in denen Face-to-Face-Kommunikation eine wichtige Rolle spielt.

Wohl so alt wie der Klassenraum selber ist der Gebrauch der Tafel als gemeinsame Referenzfläche der Anwesenden. Ihre Funktion besteht darin, das Unterrichtsgeschehen anzuleiten, zu dokumentieren und zu strukturieren, sowie Blicke und Aufmerksamkeit der Teilnehmenden auf eine gemeinsame Bühne zu konzentrieren. Logische Bilder können helfen, räumliche Beziehungen zu visualisieren. Neben den traditionellen Kreide- oder Whiteboard-Tafeln werden seit dem Ende der 80er Jahre auch interaktive Tafeln entwickelt, die inzwischen kommerziell erhältlich sind und vermehrt Einzug in Meetingräume und Lehrveranstaltungen halten (Abbildung 1).

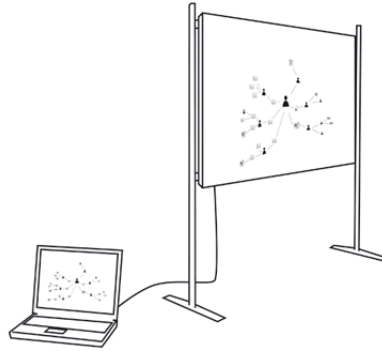


Abbildung 1 Schematische Darstellung einer interaktiven Tafel

Während entsprechende Hardware zunehmend verfügbar ist, mangelt es bislang an geeigneter Software, die unterschiedlichen Lehr- und Lernaktivitäten angemessen zu unterstützen. Meistens wird Standardsoftware wie Microsoft Powerpoint oder Smart Notebook genutzt, um vorgefertigte Diashows auf interaktiven Tafeln zu präsentieren und im Laufe des Vortrags einzelne Inhalte mit Hilfe von Markierungen und Kommentaren auf der Tafel zu annotieren. Die dazu verwendete Präsentationssoftware wurde allerdings nicht für den Einsatz in Lehrveranstaltungen entwickelt [Lla04]. Um Stärken und Schwächen der Verwendung interaktiver Tafeln im Unterricht zu analysieren und davon ausgehend Richtlinien und Anforderungen für geeignete Software zu formulieren, haben wir zunächst die Verwendung unterschiedlicher Tafeln im Unterricht systematisch beobachtet. Kontinuierlich wurden Notizen aufgezeichnet, interpretiert und kategorisiert, und ausgehend von neuen Beobachtungen revidiert. Die Dynamik sowie Brüche im Interaktionsfluss zwischen Studierenden und Professoren sowie zwischen der Tafel und anderen Lernmedien standen dabei im Zentrum des Interesses. Ergänzend wurden halb-standardisierte Interviews mit Lehrern geführt, die interaktive Tafeln im Unterricht verwenden. Eigenheit der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung des Unterrichts wurden dabei erörtert. Schließlich haben wir die einschlägige Literatur zu großflächigen Interfaces und interaktiven Tafeln aufgearbeitet [vgl. insbesondere BrBa05; BrAb04; DaHa00; ElBr92; GuSt97; HoBa93; MyIg00; SteFo87; ViLe02].

Als ein grundlegender Mangel der standardmäßig verfügbaren Software für interaktive Tafeln zeigte sich in der Beobachtung und den Interviews die Trennung zweier Ebenen, die (zumindest in der Vorstellung der Nutzer) kaum miteinander kommunizierten: der Projektions- und der Annotationsebene. Während auf der Tafel als Projektionsfläche eine vorgefertigte Präsentation durchläuft, die im Nachhinein annotiert werden kann, wurden die interaktiven Möglichkeiten der Tafel entweder nicht oder nur höchst punktuell genutzt: mit einem Klick zum nächsten oder vorangehenden Dia, oder, im besten Fall zur Erzeugung eines neuen Dias.

3 Eigenheiten interaktiver Tafeln im Unterricht

Die eigenen Untersuchungen und den Stand der Literatur zusammenfassend wurden folgende Eigenheiten interaktiver Tafeln in Lehrveranstaltungen identifiziert:

- Anforderungen großflächiger Bildschirme: Große Projektionsflächen laden zum einen dazu ein, eine Vielzahl unterschiedlicher Inhalte gleichzeitig zu präsentieren. Um sie flexibel ins Zentrum oder die Peripherie der Aufmerksamkeit rücken zu können, wird dennoch ein kohärenter visueller Rahmen benötigt. Dozenten kritisierten die Schwierigkeit, freien Platz auf der Tafel zu finden, ohne den Kontext der jeweiligen Präsentation zu verlassen. Manche verwendeten eine verwirrende Vielfalt unterschiedlicher Fenster, zwischen denen sie dann wiederholt wechselten. Ist zuviel Information sichtbar, die zwar für den Vortragenden, aber nicht für die Zuhörer von Interesse ist, kann dies für letztere zu Schwierigkeiten bei der Orientierung führen. Sowohl hinsichtlich der Größe des Bildschirms als auch hinsichtlich der Interaktion haben wir es im Gegensatz zu Desktop-Interfaces mit zwei verschiedenen Nutzergruppen zu tun – einem Vortragenden und den Zuhörern – deren unterschiedliche Perspektiven auf die und Abstände von der Tafel Gebrauchsqualitäten beeinflussen.
- Armlängengroße Interaktion: Um Auflösung und physische Größe der Tafel nutzen zu können ist ein Interaktionsdesign auf Armlängengröße erforderlich, das zudem unterschiedlichen Körpergrößen Rechnung trägt. Auch mangels der einfachen Verfügbarkeit von Tastatur und Maus sind Desktop-Interfaces dazu nicht geeignet. Etwa um URLs einzugeben, Fenster zu wechseln oder Berechnungen zu starten, liefen manche Lehrende zwischen Tafel und Desktop hin und her, während die Studierenden sich zunehmend mit sich selbst beschäftigten. Die Beschäftigung mit der Technologie ging auf Kosten des lebendigen Austauschs und unterbrach den Fluss der Interaktion. Schließlich müssen die Vor- und Nachbereitung des Unterrichts am heimischen Rechner der Lehrer mit der flexiblen Durchführung vor Ort integriert werden.
- Konstruktive Interaktion: Der Gebrauch der Tafel im Unterricht wurde dahin gehend kritisiert, einen lehrerzentrierten Unterricht zu manifestieren. Konstruktivistische Ansätze postulieren dagegen problemorientierte Aktivitäten, bei denen die Lehrenden grundsätzlich selbstgesteuerte und kooperative Aktivitäten der Lernenden moderieren [MaRei98]. Statt vorgefertigte Materialien zu präsentieren und ihr Wissen den Schülern einzutrichtern, beteiligen sich Lehrer und Schüler an der Ko-Konstruktion ihres Wissens und nehmen verschiedene Medien zur Hilfe [vgl. auch das Konzept “teaching and learning as multimedia authoring”, BrAb04]. Um entsprechende Aktivitäten zu unterstützen, ist neben der Annotation vorbe-

reiteter Materialien gerade auch die Generierung und Vernetzung neuer, im Unterrichtsgeschehen generierter Inhalte zu unterstützen. Problemorientierte Lernumgebungen sollen Selbststeuerung und Kooperation fördern, indem sie explizite Instruktion – die Anleitung, Orientierung und Hilfe bietet – und interessen geleitete konstruktive Aktivitäten der Lernenden verbinden.

- Fernlehre und Notebookzugriff: Um auch Studierenden in Kursen mit Fernlehre und Laptopklassen die Möglichkeit zu bieten, direkt an der Tafel oder über ihr Laptop Inhalte beizusteuern, sind Anwendungen interessant, die auch solche Szenarien flexibel unterstützen.

4 Richtlinien

Diese Eigenheiten in Betracht ziehend haben wir in einem nächsten Schritt zunächst Richtlinien oder grobe Anforderungen für die Gestaltung der Interaktion mit interaktiven Tafeln im Unterricht formuliert:

- Um Kontextwechsel und den damit einhergehenden Verlust von Aufmerksamkeit zu vermeiden, sollte das System auch visuell ein integriertes Rahmenwerk bieten, das alle möglichen Aktionen direkt auf der Tafel erlaubt.
- Neben Funktionen der Präsentation, Annotation und Dokumentation werden erweiterte Möglichkeiten zur Erzeugung neuer Inhalte über Zeichnungen und Text oder Import von Inhalten benötigt. Um Inhalte flexibel handhaben und generieren zu können, soll aber auch die flexible Über-, Zu- und Unterordnung sowie Ein- und Ausblendung von Inhalten angemessen unterstützt werden.
- Der Zugriff auf die Tafel sollte von verteilten Standorten direkt über die Tafel oder über Notebooks von Studierenden möglich sein.

5 Entwicklung und Evaluation des JavaFreestyler Interface

Ausgehend von diesen Richtlinien wurde zunächst ein Whiteboard-Interface für Java-Programmierkurse entwickelt, das es neben den üblichen Möglichkeiten zur Annotation erlaubt, wichtige Teile des Unterrichts wie den Import, die Erstellung und Veränderung von Code, sowie seine Kompilierung und Ausführung in verschiedenen Knoten, aber innerhalb desselben visuellen Rahmenwerks handhabbar zu machen. Standardsoftware für interaktive Tafeln würde dagegen die Interaktion mit vier Fenstern erfordern: dem File Manager, dem Command Prompt, einem Texteditor und einer Powerpoint oder SmartBoard Software zur Präsentation. Zur Implementierung wurde JavaFreeStyler genutzt, eine Software, die Möglichkeiten des „Concept Mapping“ mit Speicher- und Aufrufrou-

tin verbindet und so der Handhabung von Dokumenten im „computer-integrierten Klassenzimmer“ dient [HoGa02].

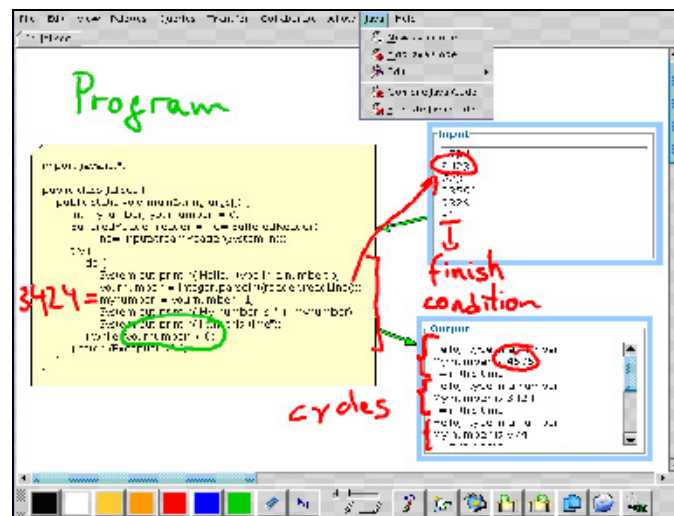


Abbildung 2 Das JavaFreeStyler Interface

Zur Evaluation dieser Lösung wurden drei Szenarien definiert und jeweils zwei Tage im Rahmen eines Intensivkurses für Java Programmierung an der Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda Universität Tokio eingesetzt.

- Im ersten Szenario wurden MS PowerPoint als Präsentationswerkzeug, Explorer als File Manager, Command Prompt MS-DOS zur Kommando-eingabe und MS Notepad als Texteditor verwendet.
- Im zweiten Szenario wurden dieselben Technologien sowie eine interaktive Tafel verwendet.
- Im dritten Szenario wurde das Java FreeStyler Interface mit der interaktiven Tafel verwendet.

Nach Abschluss des Kurses wurden die 21 Studienanfänger mit Hilfe eines Fragebogens nach ihrer Bewertung des Unterrichtsgeschehens in den unterschiedlichen Szenarien befragt (Details zur Untersuchungsmethode in [BrBa05]). Bis auf einen Studenten empfanden alle die interaktive Tafel als eine hilfreiche Unterstützung des Unterrichtsgeschehens. Die einzelnen Fragen wurden 6 ausreichend reliablen Kategorien zugeordnet. Die Auswertung mit Hilfe des nicht-parametrischen Friedmann-Tests für abhängige Stichproben erbrachte signifikante Unterschiede zwischen den drei Szenarien für die Kategorien Flexibilität und Hervorhebung. Anschließende paarweise Mittelwertsvergleiche mit Bonferoni-Korrektur zeigten, dass die Szenarien 2 und 3 mit interaktiver Tafel bezüglich der Hervorhebung von Inhalten zur Fokussierung der Aufmerksamkeit posi-

tiver bewertet wurden als Szenario 1. Bezüglich der Flexibilität bei der Erstellung und Manipulation von Inhalten sowie der Anpassung an situativ bedingte Änderungen im Unterrichtsverlauf, wurde Szenario 3 signifikant besser beurteilt als die beiden anderen Szenarien (Tabelle 1).

Kategorie	S 1	S 2	S 3	Chi- Quadrat	p
Vorbereitung	2.21	1.98	1.81	2.66	.265
Präsentation	1.67a	2.00a	2.33a	6.64	.036
Flexibilität	1.67a	1.74a	2.60b	14.95	.001
Hervorheben	1.48a	2.10b	2.43b	13.08	.001
Unterrichtsfluss	1.90	1.86	2.24	2.87	.238
Nachbereitung	1.71a	2.02a	2.26a	9.17	.010

Tabelle 1 Mittelwerte der Beurteilung der 3 Szenarien, 5-stufige Beurteilungsskalen, N = 21. Verschiedene Indizes verweisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der entsprechenden Untersuchungsbedingungen.

Gerade die positive Beurteilung der Flexibilität des Interface durch die Studierenden hat uns ermutigt, die formulierten Richtlinien noch konsequenter zu verfolgen.

6 Entwicklung eines „DeepBoard“

Um die eingangs identifizierte, konzeptuelle Kluft zwischen Präsentations- und Annotationsebene weiter zu schließen, wurde gemeinsam mit Studierenden ein Konzept für ein gestenbasiertes, so genanntes „DeepBoard“ Interface entwickelt. Dieses erlaubt es, alle auf die Tafel bezogenen Operationen direkt an der Tafel vorzunehmen und für vielfältige Anwendungsfelder semantische Relationen zwischen Inhalten zu speichern. Während des Unterrichtsgeschehens generierte oder importierte Inhalte können anderen zugeordnet und flexibel ein- oder ausgeblendet werden.

Gestenbasierte Interaktion ist mit dem Problem der Arbitrarität von Zeichen behaftet. Konventionelle Gesten der Maus wie ein „Klick“ (hier auf die Tafel) zur Markierung eines Objekts Markierung und Verschiebung eines Objekts haben wir übernommen. Andere Gesten mussten neu definiert werden:

- Die Zeichnung eines rechten Winkels in einer Linie um Inhalte wurde als Definition eines Knoten oder Objekts definiert.
- Markierung eines Objekts (ein Anpieksen oder „Klick“) und anschließendes Durchstreichen mit einem Kreuz löscht das Objekt.

- Durch Zeichnung einer geraden Linie vom über- zum untergeordneten Objekt werden zwei Objekte verbunden. Eine Vater-Sohn-Beziehung wird zwischen den Objekten geknüpft. Die so entstehende hierarchische Struktur wird als XML-Baum gespeichert. Auf dem Display wird die Linie vom System begradigt und als Pfeil dargestellt.
- Wiederholung einer Geste löscht diese Geste. Doppelklick eines geöffneten Objekts schließt das Objekt.

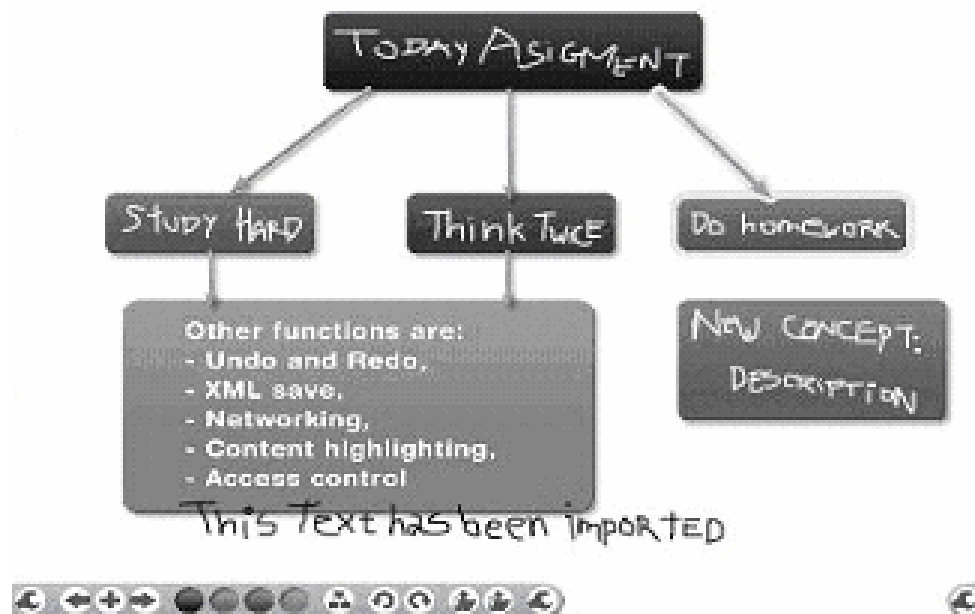


Abbildung 3 Ein mögliches Tafelbild mit Palette

Abbildung 3 zeigt ein mögliches Tafelbild sowie die Palette zur Wahl von Funktionen wie Vor- und Zurückblättern, Erzeugung eines neuen Tafelbildes und Moduswechsel. Auch Interaktionsmöglichkeiten wie Zoomen, Verschieben der Arbeitsfläche und Handhabung von Listen und Graphen wurden inzwischen implementiert. Soweit funktioniert der Prototyp heute. Eine umfangreiche vergleichende Evaluation mit Studierenden und Lehrenden befindet sich in Vorbereitung.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Derzeit verfügbare Standardsoftware für interaktive Tafeln legt auch im Unterricht nahe, von einem Dia zum nächsten eine vorgefertigte Präsentation zu zeigen und allenfalls zu annotieren. Hingegen ermöglichen es die von uns vorgestellten Prototypen Inhalte im Kontext der Lehre flexibel zu erstellen und zu handhaben. Das Ziel der Entwicklungen ist es, unter Verzicht auf Kontextwechsel und unterschiedliche Eingabemedien die Schreiboberfläche der Tafel zu einem integrierten Interaktionsraum für den Unterricht zu entwickeln. Neben dem Einsatz in der Präsenzlehre bieten interaktive Tafeln interessante Einsatzmög-

lichkeiten für Fernlehre in verteilten Klassenräumen, so etwa für die Kooperation mit ausländischen Hochschulen.

Anders als bei eher kleinformatischen, mobilen Anwendungen scheint es im Fall der interaktiven Tafel so, als ob die mit der Desktopmetapher eingeübten Interaktionsformen einfach auf das neue, größere Format übertragen wurden. Damit werden bestimmte Nutzungsformen nahe gelegt, die sich durch die Interaktivität eröffnenden Möglichkeiten werden nicht wirklich zu einer integrierten Erweiterung der Unterrichtssituation genutzt. Unserer Beobachtung nach ist dies die Regel, sobald man die Welt des Desktop bzw. das intime Paradigma des „Personal Computing“ [Kay90], des einzelnen und seines Interface, verlässt. Standardisierte Interaktionsformen und verlässliche Gestaltungsrichtlinien für raumbasierte Interfaces und interaktive Installationen fehlen bis heute weitestgehend. Um diese weiter zu entwickeln, scheint es uns erforderlich, Mensch-Computer Interaktion im Kontext sozialer Interaktion, situativer Bedingungen und kultureller Möglichkeiten, wie etwa die Regeln der Dramaturgie oder des Spiels sie formulieren, zu analysieren und zu gestalten.

Neuere Entwicklungen in der Mensch-Computer Interaktion (HCI) und Interfacegestaltung führen uns von der Unterstützung individueller Nutzer am Bildschirm zur Unterstützung von Gruppen in Präsenzveranstaltungen, von nutzerzentrierten zu lernerzentrierten Gestaltungsansätzen, und von der computerunterstützten Gestaltung formaler zur Gestaltung informeller Lernumgebungen. Armlängengroße Interfaces zur Interaktion auf Körpergröße eröffnen hier ein erhebliches, aber bislang wenig beachtetes Potential für Forschung und Entwicklung. Als geeignetes Format zur Unterstützung von Selbststeuerung und Kooperation in informellen Lernumgebungen interessieren uns hier besonders interaktive Tische oder Kugeln, beispielsweise in Museen. Diese ermöglichen es im Gegensatz zu Displays mit konventionellen Eingabegeräten (Maus, Touchscreen) mehreren Benutzern gleichzeitig, Inhalte zu explorieren und mit der Anwendung zu interagieren. Weitere Besucher können die Interaktionen der Nutzer mitverfolgen und diese Information zum Anlass sozialer Interaktion nehmen. Während aber die Tafel ein Werkzeug zur Unterstützung der Kommunikation, Konstruktion und Instruktion bleibt, sind etwa interaktive Tische selbst das mediale Lernangebot und müssen die instruktiven Anteile inkorporieren. Unsere Perspektive ist, mit Hilfe informationstechnisch erweiterter Installationen öffentliche Räume zu attraktiven Lernumwelten zu entwickeln.

Literaturverzeichnis

- [BrBa05] Breuer, H. & Baloian, N.: Augmenting Whiteboard Interaction in the Classroom. In P. Kommers, G. Richards. (Eds.). Proceedings of ED-Media 2005. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications. Asso-

ciation for the Advancement of Computing in Education (AACE), pp.1214-1221. Montreal, Canada, 2005.

- [BrAb04] Brotherton, J., & Abowd, G.: Lessons Learned From eClass: Assessing Automated Capture and Access in the Classroom, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Volume 11, Issue 2 (pp. 121-155), 2004.
- [DaHa00] Damm, C.H., Hansen, K.M., Thomsen, M.: Tool Support for Cooperative Object-Oriented Design: Gesture Based modeling on an Electronic Whiteboard. *Proceedings of CHI 2000*, ACM Press (pp. 518-525), 2000.
- [ElBr92] Elrod, S., Bruce, R., Gold, R., Goldberg, D., Halasz, F., Janssen, W., Lee, D., McCall, K., Pedersen, E., Pier, K., Tang, J., & Welch, B.: Liveboard: A large interactive display supporting group meetings, presentations and remote collaboration. *Proceedings of CHI1992*, ACM (pp. 599-607), 1992.
- [GuSt01] Guimbretiere, F., Stone, M., & Winograd, T.: Stick it on the Wall: A Metaphor for Interaction with Large Displays. *CHI 01 Workshop on Tools, Conceptual Frameworks, and Empirical Studies for Early Stages of Design*. Seattle, Washington, 2001.
- [HoGa02] Hoppe, H. U., & Gassner, K.: Integrating collaborative concept mapping tools with group memory and retrieval functions. *Proceedings of CSCL-2002 (International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning)*. Boulder, Colorado (USA), 2002.
- [HoBa93] Hoppe, H.U., Baloian, N., & Zhao, J.: Computer support for teacher-centered classroom interaction. *Proceedings of the International Conference on Computers in Education*. Taipei, Taiwan (pp. 211-217), 1993.
- [Kay90] Kay, Alan C.: User interface: A personal view. In Brenda Laurel (Ed.), *The art of human-computer interface design*, pp. 191-207. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing, 1990.
- [Lla04] Llanza, L.: Human-Computer Interfaces for Electronic Board Supporting face-to-face Knowledge Exchange, *GITS*, Tokyo, Japan, 2004.
- [MaRei98] Mandl, H., & Reinmann-Rothmeier, G.: Auf dem Weg zu einer neuen Kultur des Lehrens und Lernens. In Dörr G. and Jüngst, K. L. (Eds.). *Lernen mit Medien*. Juventa: Weinheim (pp.193-205), 1998.
- [MyIg00] Mynatt, E., Igarashi, T., Edwards, W.K., & LaMarca, A.: Designing an augmented writing surface. In *IEEE Computer Graphics and Applications*, 20: 4 (pp. 55-61), 2000.
- [QuKa01] Quintana, C., Carra, A., Krajcik, J., & Soloway, E.: Learner-centered design: Reflections and new directions. In J. M. Carroll (Ed.), *Human-computer interaction in the new millennium* (pp. 605-624). Massachusetts: Addison-Wesley, 2001.
- [SteFo87] Stefik, M. J., Foster, G., Bobrow, D.G., Kahn, K., Lanning, S. & Suchman, L.: Beyond the Chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings. In *Communications of the ACM*, 30:1 (pp. 32-47), 1987.
- [ViLe02] Virtual Learning: Interactive Whiteboards: New tools, new pedagogics, new learning? Some views from practitioners. *Virtual Learning*, UK. (<http://www.virtuallearning.org.uk/whiteboards/>), 2002.