

Ubiquitous Computing in Education

SEMINARARBEIT

vorgelegt am
Lehrstuhl für Praktische Informatik IV
Prof. Dr. W. Effelsberg
Universität Mannheim

im
Dezember 2001

von
Thomas A. Schellenberger
aus Mannheim

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einführung	1
2 Ubiquitous Computing	2
2.1 Begriffsabgrenzung	2
2.2 Entwicklung	2
3 Lehre	4
3.1 Einsatz in der Lehre	4
3.2 Anforderungen an ubiquitous computing in der Lehre	7
3.2.1 Didaktisch	7
3.2.2 Technologisch	11
4 Ubiquitous Computing Projekte in der Lehre	14
4.1 Classroom 2000/eclass	14
4.2 VIROR Project	17
5 Zusammenfassung und Ausblick	19
Literaturverzeichnis	V

III

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Synchroner Lernverfahren.	5
Abbildung 2: Medientypen.	6
Abbildung 3: Learning Cycle.	9
Abbildung 4: Gegenüberstellung verschiedener Lehr-/Lernstile.	11
Abbildung 5: Beispielarchitektur ohne (links) und mit Handheld (rechts).	12

Abkürzungsverzeichnis

PARC:	Palo Alto Research Center
CSL:	Computer Science Laboratory
RLR:	Remote-Lecture-Room
RIS:	Remote-Interactive-Seminar
IHL:	Interactive-Home-Learning
OPT:	organisational pädagogisch und technisch

1 Einführung

Die Allgegenwärtigkeit beim Einsatz von Informationstechnologien ist in der steten Fortentwicklung.¹ Damit stellt sich die Frage, ob und wie der Einsatz in der Lehre angebracht sein kann. Aufgrund der Interdependenz von verschiedenen Aspekten, die hier eine wesentliche Rolle spielen, ist diese Frage nicht eindeutig zu beantworten. Zur Grundlage von Entscheidungen können Kosten, die Formen der Interaktion sowie organisatorische Fragen der Infrastruktur zählen. Die Vielzahl von Aspekten verstellt häufig den Blick auf den zentralen Punkt: den Lernerfolg.²

Als Argumentationsgrundlage für den Einsatz neuer Technologien lediglich ‚Aktualität‘ der Technologie aufzuführen, kann zwar als modern aber nicht als unbedingt notwendig herangezogen werden. Da Medieneinsatz als ein wesentlicher Schlüssel für den Lernerfolg gesehen werden kann, ist eine Abwägung des Einsatzes unvermeidlich.³ In der Literatur werden drei Argumentationslinien unterschieden. Hierzu zählen technologisch-determinierte, erziehungswissenschaftlich-psychologische aber auch organisatorische und kontextuelle Ansätze. Im direkten Vergleich dominieren – erwartungsgemäß – technologische Ansätze.⁴

Die vorliegende Arbeit stellt zunächst das Konzept ubiquitous computing dar. Darauf aufbauend wird der Bezug zur Lehre hergestellt. Kern der Arbeit stellt ein Anforderungskatalog von pädagogisch-didaktischen sowie technologischen Besonderheiten des Einsatzes von ubiquitous computing in der Lehre dar. Anhand dieser Anforderungen werden im vierten Kapitel zwei Projekte mit unterschiedlichem Fokus dargestellt. Zum einen Classroom 2000/eClass als ein asynchrones Verfahren sowie das VIROR Projekt als ein vornehmlich synchrones Verfahren. Den Abschluss der Arbeit bildet ein kurzes Fazit.

¹ Vgl. **PCtip (2001)**, siehe weiterführend zum europäischen Markt: **Computerwoche (2001a)** sowie zum derzeitigen Trend **Golem (2001)** und **Computerwoche (2001b)**.

² Vgl. **Buchholz, A. (1999)**.

³ Vgl. **Achtenhagen, F. (1984)**, S. 43ff. sowie **Dubs, R. (1995)**, S. 379ff.

⁴ Vgl. **Buchholz, A. (1999)**; vgl. hierzu auch **Patrick, A. S. (1999)**.

2 Ubiquitous Computing

2.1 Begriffsabgrenzung

Das Hauptziel von Technologieeinsatz stellt in der Regel Arbeitserleichterung dar. Im Zuge von immer komplexeren und schwer zu bedienenden Computersystemen, wurde die Idee vom Ubiquitous Computing geboren. Hierunter wird die Nutzung von Computersystemen verstanden, die unsichtbar in der Umgebung verteilt und vernetzt sind.⁵ Die Idee des Ubiquitous Computing ist auf Mark Weiser zurückzuführen, der Ubiquitous Computing letztlich auf den Softwareeinsatz zurückführt.⁶ Damit eröffnet sich die Möglichkeit Informationen zu verteilen und situationsabhängig zu reproduzieren.⁷ So ist „the real goal for ubicomp [...] to provide many single-activity interactions that together promote a unified and continuous interaction between humans and computational services.“⁸

2.2 Entwicklung

Zur Reduktion von komplexen und schwierig einzusetzende Computersysteme wurde Ende 1987 im Xerox Palo Alto Research Center (PARC) die Idee geboren wandgroße Bildschirme zu entwickeln, auf denen durch einfaches Schreiben mit elektronischen Stiften Informationen aufgezeichnet werden sollten. Auch Graphiken sollten einfach und schnell in elektronischer Form zur Verfügung gestellt werden können. Hierzu sollte durch einfaches Drücken der Graphiken auf das Display diese übernommen werden. Die Forschervision sah verstreute allgegenwärtige Computer vor, die dennoch unsichtbar für den Nutzer sind.⁹ Für die entsprechende Softwareunterstützung wurde 1988 das Computer Science Laboratory (CSL) ins Leben gerufen. Bereits ein Jahr später kam ein kollaboratives Zeichensystem zum Einsatz – das LiveBoard. Zur Steuerung entwickelte CSL zwei Applikationen: ParcPad (abgelöst durch MPad) und ParcTab. Die beiden Programme sind mit unterschiedlicher Technologie an das LiveBoard angeschlossen. Einerseits ist ParcPad in ein buchgroßes Gerät eingebettet, das über ein Nahbereichs-Funksystem mit dem LiveBoard kommuniziert. Auf der anderen Seite ist das ParcTab ein handtellergrößen Gerät und nutzt Infrarot zum Informationsaustausch. Ein für

⁵ Vgl. Weiser, N./Gold, R./Brown, J. S. (1999), S. 693.

⁶ Weiser, M. (1993), S. 75: „Applications are of course the whole point of ubiquitous computing“.

⁷ Wird heute unter dem Stichwort *Information on demand* subsummiert. Vgl. hierzu Burkhardt, J./Henn, H./Hepper, S./Rindtorff, K./Schäck, T. (2001), S. 34ff.

⁸ Abowd, G. D./Mynatt, E. D. (2000).

⁹ Vgl. Weiser, N./Gold, R./Brown, J. S. (1999), S. 693.

Olivetti entwickeltes Kommunikationssystem, namens Active Badge, sorgt für den Zusammenschluss der dargestellten Geräte.¹⁰

Neben diesen Systemen existieren noch weitere Projekte zur Kommunikation zwischen verschiedenen Kommunikationsgeräten und einer gemeinsamen Oberfläche wie das LiveBoard.¹¹ Ein für die folgenden Ausführungen wesentliches Projekt stellt NotePals dar. Ziel hierbei war es, individuelle Notizen während der Veranstaltungen aufzuzeichnen und diese später ausgewählten Nutzergruppen zur Verfügung zu stellen.¹²

¹⁰ Vgl. Weiser, N./Gold, R./Brown, J. S. (1999), S. 694.

¹¹ Vgl. hierzu beispielsweise das Projekt ‚Pebbles‘ bei Myers, B.A./Stiel, H./Gargiulo, R. (1998), S. 285ff.

¹² Vgl. Davis, R. C./ Landay, J.A./Chen, V./Huang, J./Lee, R. B./Li, F. C./Lin, J./Morrey, C.B./Schleimer, B./Price, M.N./Schilit, B.N. (1999), S. 338ff.

3 Lehre

3.1 Einsatz in der Lehre

Bei Betrachtung der Entwicklung des Ubiquitous Computing drängt sich als ein wichtiges Einsatzgebiet die Aus- und Weiterbildung auf.¹³ Gerade hier ist es unerlässlich Inhalte effizient zu kommunizieren. Dies wird durch den Trend die Kommunikation von der Mensch-Maschine- hin zur Mensch-Mensch-Kommunikation unterstützt.¹⁴ Zum anderen die Zielsetzung vorbereitete Materialien allen einfach zur Verfügung zu stellen, sowie spontane Zeichnungen anfertigen zu können. Wesentlich dabei ist die Form der Wissensvermittlung, die grob in zwei Szenarien unterteilt werden kann: synchron und asynchron. In beiden Situationen wird die Ortsunabhängigkeit hervorgehoben. Das Unterscheidungsmerkmal stellt die Zeit dar. Während im synchronen Verfahren alle Beteiligten anwesend sind, ist beim asynchronen Szenario eine zeitliche Trennung zwischen der Inhaltserstellung und der Präsentationsphase.¹⁵

Im folgenden wird nur das synchrone Szenario behandelt, da hier einerseits der Ansatz des Ubiquitous Computing am ehesten zum Tragen kommt und andererseits dieses Verfahren auch als Voraussetzung für das asynchrone Szenario herangezogen werden kann.

Die Entwicklung des computerunterstützten Whiteboard, und damit der Basis von Ubiquitous Computing, basiert letztlich auf einem solchen synchronen Ansatz. In Abbildung 1 werden drei synchrone Ausprägungen dargestellt. Hierbei handelt es sich in der Regel nicht um vollständige Lerneinheiten, sondern eher um Sequenzen, die teilweise ineinander übergehen. Die erste Variante, der Remote-Lecture-Room (RLR), konzentriert sich dabei lediglich auf die Übertragung von Veranstaltungen an mindestens einen weiteren Lernort, mit der Besonderheit, dass es im Normalfall nur einen Dozenten während der Veranstaltung gibt. Beim Remote-Interactive-Seminar (RIS) existiert ebenfalls mindestens ein weiterer Lernort, aber im Gegensatz zum RLR gibt es mehrere Vortragende. Die nächste Komplexitätssteigerung wird als Interactive-Home-Learning (IHL) bezeichnet, wobei hier neben vielen Teilnehmern nicht nur

¹³ Siehe Gliederungspunkt 2.2.

¹⁴ Vgl. Weiser, N./Gold, R./Brown, J. S. (1999), S. 694.

¹⁵ Vgl. Meyer, L./Pipek, V./Won, M./Zimmer, C (2000).

die Anzahl der Vortragenden wechseln, sondern auch die Art der technologischen Anbindung stark voneinander abweichen kann.¹⁶

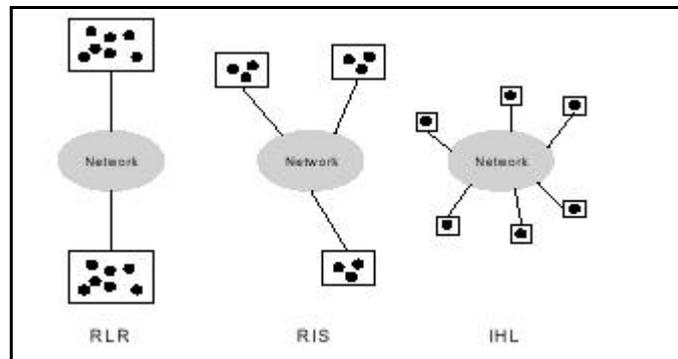


Abbildung 1: Synchroner Lernverfahren.

In Anlehnung an: **Geyer, W. (1999)**, S. 49.¹⁷

Der Umgang mit den verwendeten Technologien muss automatisiert und eingeübt werden, da die dargestellten Szenarien darauf setzen, eine ‚Tele-Kultur‘ bei den Beteiligten zu etablieren. Dies bezieht sich auf alle Lernphasen sowie die Vorbereitungsphase des Dozenten.¹⁸

Im Sinne der Begriffsprägung von Mark Weiser ist der Einsatz von computerunterstützten Lernsystemen noch kein Ubiquitous Computing. Es kommt vielmehr auf die Möglichkeit der Einflußnahme aller Beteiligten während und nach den Veranstaltungen an, sowie die geringe Distraction vom Lernen durch den Einsatz verschwindend kleiner Systeme.

Als ein wesentlicher Schritt in diese Richtung ist das gemeinsam von der University of California und dem FX Palo Alto Laboratory (Xerox) entwickelte NotePals. Hierbei handelt es sich um ein PalmOS-PDA, der zur Aufzeichnung von individuellen Notizen während der Veranstaltung genutzt wird. Dieses System sieht neben der Notiz einen Zeitstempel, den Namen des Autors sowie die Art der Bereitstellung der Notiz vor. Über einen Cradle¹⁹ werden die Notizen an einen Server übertragen, der alle als *public* definierten Notizen zusammenfasst und den übrigen Beteiligten zur Verfügung stellt.

¹⁶ Vgl. hierzu Meyer, L./Pipek, V./Won, M./Zimmer, C (2000).

¹⁷ Vgl. hierzu auch Geyer, W./Eckert, A./Effelsberg, W. (1998).

¹⁸ Siehe hierzu auch Gliederungspunkt 4.1.

¹⁹ Unter Cradle versteht man die Hardware zur Synchronisation von Daten und Kommunikation zwischen einem PDA und einem PC.

Als *private* gekennzeichnete Notizen sind nur dem Eigentümer zugänglich. Beim Einsatz dieser Systeme tritt neben psychologischen Effekten, wie größere Mühe bei der Erstellung von Anmerkungen und der Tatsache, dass sie von anderen gelesen werden, auch ein tatsächliches Hindernis bei der Erfassung auf, die ungefähr 60% länger dauert als bei Stift und Papier.²⁰

Ein weiteres Entscheidungsmoment stellt der Typ des Mediums dar. Hier kann man grob in zwei Dimensionen unterscheiden: zum einen diskrete und kontinuierliche Medien und andererseits interaktive und nicht-interaktive Medien. Entscheidend ist, dass nicht jede Form von Medium gleich gut geeignet ist, um Anmerkungen anzubringen. So ist es schwieriger Videos mit Notizen zu versehen als annotierbare Dokumente wie Folien. Eine strikte Trennung bei Multimediaelementen ist nicht immer eindeutig möglich, so sind auch hier Überschneidungen nicht auszuschliessen. Abbildung 2 soll diesen Zusammenhang veranschaulichen, wobei die grau unterlegten Felder die für Ubiquitous Computing interessanten Medientypen darstellen.

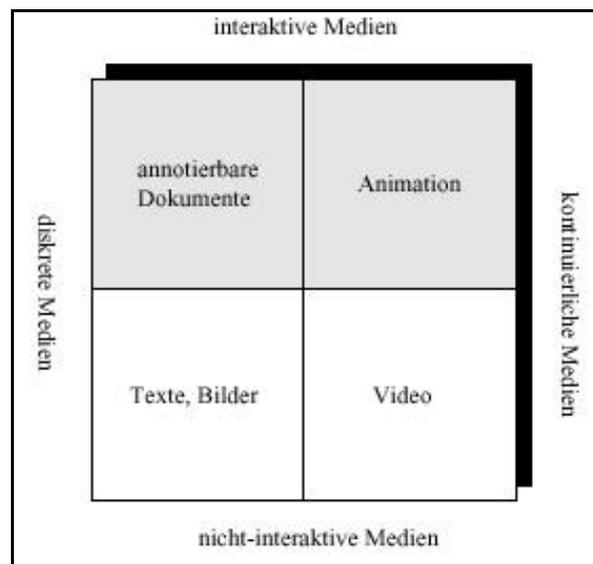


Abbildung 2: Medientypen.

In Anlehnung an: **Hilt, V./Schremmer, C./Kuhmünch, C./Vogel, J. (2001)**, S. 25.

²⁰ Vgl. **Davis, R. C./Landay, J.A./Chen, V./Huang, J./Lee, R. B./Li, F. C./Lin, J./Morrey, C.B./Schleimer, B./Price, M.N./Schilit, B.N. (1999)**, S. 338ff.

3.2 Anforderungen an ubiquitous computing in der Lehre

3.2.1 Didaktisch

Als Entscheidungsgrundlage zur Integration von Ubiquitous Computing wird primär die technologische Seite beleuchtet. Beim Einsatz in Lehrveranstaltungen stellen sich aber weitergehende Problembereiche. Im folgenden soll der didaktische Bereich beleuchtet werden.

Das Ziel einer didaktischen Betrachtungsweise ist nicht eindeutig auf Ubiquitous Computing übertragbar. Didaktik bezieht sich vorwiegend auf die inhaltliche Aufbereitung des Lehrstoffes und die Besonderheiten des jeweiligen Faches. Eine Übertragung auf den Medieneinsatz, worum es bei Ubiquitous Computing hauptsächlich geht, ist damit nur bedingt möglich. Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich letztlich auf den Einsatz geeigneter Medien sowie didaktische Randbedingungen. Didaktik wird im folgenden als eine weite Definition verstanden, die neben den besonderen Fachdidaktiken auch den Medieneinsatz beleuchtet.²¹

Ein wesentliches Problemfeld im didaktischen Bereich ist die Erzielung von Aufmerksamkeit. Dabei wird eine immer geringere Aufmerksamkeit des Lernalters bei ‚klassischen‘ Lehrverfahren festgestellt. Im Einsatz von neuen Medien könnte hier eine Chance gesehen werden die Aufmerksamkeit zu steigern, da zum einen die Notwendigkeit des Umgangs mit neuen Technologien und Medien im späteren Berufsleben unausweichlich ist und andererseits ein grundsätzlich hohes Interesse am Einsatz von neuen Medien und Technologien vorliegt. In eine ähnliche Richtung geht die Erkenntnis, dass in Massenveranstaltungen, die Vorlesungen im Regelfall sind, eine direkte Lernerfolgskontrolle nicht vorgenommen werden kann. Direkt darauf basierend ist ein Feedback an den Dozenten während der Veranstaltung ebenfalls nur schwer umsetzbar. Hier könnte der Einsatz von Technologien eventuell Abhilfe schaffen.²² Verwirrend kommt hinzu, dass die vorangegangenen Punkte auch gegen den Einsatz von neuen Medien sprechen. Durch einen vermehrten Einsatz kann es zur Verminderung der Aufmerksamkeit kommen, da eine erhöhte Ablenkungsgefahr sowie ein erhöhter Zeitaufwand durch die Bedienung eintritt. Fraglich ist auch, ob das Feedback an den Dozenten durch solche Technologien nicht ‚verzerrt‘ wird, da die inhaltliche Komponente eventuell mit der funk-

²¹ Vgl. Meyer, L./Pipek, V./Won, M./Zimmer, C (2000) sowie Dubs, R. (1995), S. 75ff.

²² Vgl. Patrick. A. S. (1999).

tionierenden Technologie gleichgesetzt wird. Systemausfälle oder Bedienungsprobleme sind demnach genauso entscheidungsrelevant für die Beurteilung des Dozenten. Im Extremfall tritt gar die inhaltliche Komponente ganz in den Hintergrund. Zusammenfassend gibt es zwei zentrale Zufriedenheitsindikatoren bei Lernenden, die neben der Inhaltsvermittlung berücksichtigt werden müssen: die funktionierende Technik sowie eine intakte ‚Lernender-Dozent-Beziehung‘.²³

Ein weiterer Problembereich ist die Einbindung von telematischen Lehr-/Lerneinheiten in bestehende soziale Organisationsformen. Aufgrund von langjähriger Sozialisation – im Sinne von Lerngewohnheiten – sind hier Grenzen der Anpassbarkeit gesetzt, die nicht ohne weiteres überschritten werden können. Die intendierte Effektivität der Technologien werden somit teilweise wieder kompensiert und der Nutzen kann bisweilen weit unter den gewünschten Zielen liegen.²⁴ Einen möglichen Lösungsansatz liefert die Ethnographie.

Dieses Forschungsgebiet stellt den sozialen Akteur und dessen subjektive Orientierung in den Mittelpunkt.²⁵ Daraus abgeleitet wird ein präskriptives Lehr-/Lernmodell eingesetzt – der Learning Cycle.²⁶ Die Abbildung 3 stellt den Learning Cycle graphisch dar.

²³ Vgl. hierzu auch **Meyer, L./Pipek, V./Won, M./Zimmer, C (2000)**. In der Literatur ist meist von ‚Schüler-Lehrer-Beziehung‘ die Rede. Da im Kontext dieser Arbeit die Konzentration auf Veranstaltungen in der (Hoch-)Schullehre liegt, ist dieses Begriffspaar deplatziert und durch ‚Lernender-Dozent-Beziehung‘ als allgemeineres Begriffspaar ersetzt worden.

²⁴ Vgl. **Buchholz, A. (1999)**.

²⁵ Vgl. hierzu auch Konstruktivismus in **Dubs, R. (1995)**, S. 28ff.

²⁶ Vgl. hierzu **Mayes, T., Coventry, L., Thomson, A. & Mason, R. (1994)** sowie **Hofer, M./Eckert, A./Reimann, P./Döring, N./Horz, H./Schiffhorst, G./Weber, K. (1999)**

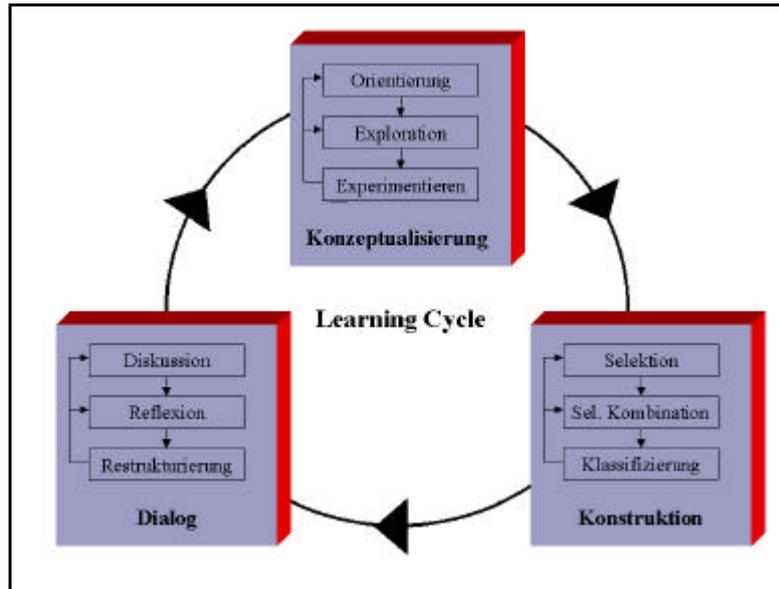


Abbildung 3: Learning Cycle.

In Anlehnung an: **Mayes, T./Coventry, L./Thomson, A./Mason, R. (1994).**

Der Learning Cycle stellt eine interdependente Konstruktion von drei verschiedenen Phasen der Wissensaneignung dar. Die vermeintlich erste Phase stellt dabei die **Konzeptionalisierung** dar. Hier wird der Akteur – in diesem Fall der Lernende – mit dem zu vermittelnden Lehrstoff konfrontiert. Zur Unterstützung wird eine Orientierung geboten, um den Kontext in Zusammenhang mit anderen Lehrinhalten zu bringen. Aufbauend wird mit Experimenten der Inhalt erweitert und gefestigt. In der zweiten Phase steht die **Konstruktion** jedes Lernenden im Mittelpunkt.

Die neuen Informationen werden durch Selektion und Klassifizierungen in das bereits bestehende Wissen integriert und interpretiert. Ziel ist die aktive Auseinandersetzung mit den Inhalten und nicht nur die Vermittlung von vorstrukturiertem Wissen.²⁷ In der dritten Phase ist der **Dialog** als Externalisierung des Gelernten entscheidend. Hier wird durch Diskussion der eigene Wissensinhalt reflektiert und durch Diskussionsergebnisse rekonstruiert. Die Interaktion funktioniert sowohl während der Veranstaltungen als auch in asynchronen Szenarien beispielsweise über Maillinglisten und ähnliche technische Möglichkeiten.²⁸

²⁷ Vgl. hierzu Konstruktivismus. Siehe auch Fußnote 25.

²⁸ Vgl. **Meyer, L./Pipek, V./Won, M./Zimmer, C (2000).**

Eine Ergänzung erfährt dieses Modell durch qualitative Standards sowie deren Akzeptanz im Lehrbetrieb durch Berücksichtigung organisationaler, pädagogischer und technischer Strategien – auch als OPT-Strategie bezeichnet. Gemeinsam mit dem Learning Cycle bildet die OPT-Strategie den zentralen Handlungsrahmen für die ‚didaktische‘ Kriterienbildung. So ist das *organisationale* Ziel die nahtlose Integration in den ‚konventionellen‘ Lehrbetrieb. Die Gestaltung der Lehr-/Lernelemente sowie deren Nutzung und situationale Bedeutung sollte der *pädagogischen Psychologie* entsprechen. Der *technische* Aspekt zeichnet dabei vorwiegend für die anwendungsnahe und benutzerfreundliche Gestaltung verantwortlich.²⁹

Der Einsatz von weiteren Technologien erfordert Dozenten, die in der Lage sind viele verschiedene Ebenen während der Veranstaltung Beachtung zu schenken. Im Regelfall ist von zwei bis vier unterschiedlichen Aktionsebenen auszugehen, die ein Dozent in der Lage ist zu überblicken. Man bezeichnet die Anzahl an Ebenen als Komplexkapazität. In Untersuchungen wurde festgestellt, dass bei Hinzunahme einer weiteren (neuen) Ebene, als erstes die Inhaltsebene eine geringere Aufmerksamkeit erfährt. Die Folge kann dabei die Abnahme der Qualität der dargestellten Inhalte bedeuten.³⁰

Eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen unterschiedliche Lehr- und Lernstile. Lernende entwickeln im Laufe ihres Lernprozesses einen individuellen Lernstil. Dieser prägt den Mitschrieb während einer Veranstaltung maßgeblich.

Grob kann man zwischen drei Typen unterscheiden: Stenograph, Schlüsselbegriffe und keine Aufzeichnungen. Dem gegenüber sind die Unterrichtsmaterialien sowie die Durchführung der Veranstaltung bei jedem Dozenten unterschiedlich. Auch hier lassen sich grobe Gruppierungen aufzeigen: Präsentationen, öffentlich zugängliche Lehremotizen, private Notizen und Diskussion. Die nachfolgende Abbildung 4 stellt beide Stile gegenüber. Daraus lässt sich ableiten, dass die Tendenz zum geringeren oder gar keinem Mitschrieb bei einer Präsentation sehr hoch ist. Da Ubiquitous Computing beim Einsatz in der Lehre einen sehr hohen Grad an Materialien zur Verfügung stellt, ist eindeutig der Trend zu minimalen Mitschriften vorhanden.³¹

²⁹ Vgl. Mayes, T./Coventry, L./Thomson, A./Mason, R. (1994).

³⁰ Vgl. Dubs, R. (1995), S. 191ff.

³¹ Vgl. Abowd, G. D./Atkeson, C. G./Feinstein, A./Hmelo, C./Kooper, R./Long, S./Sawhney, N./Tani, M. (1996).

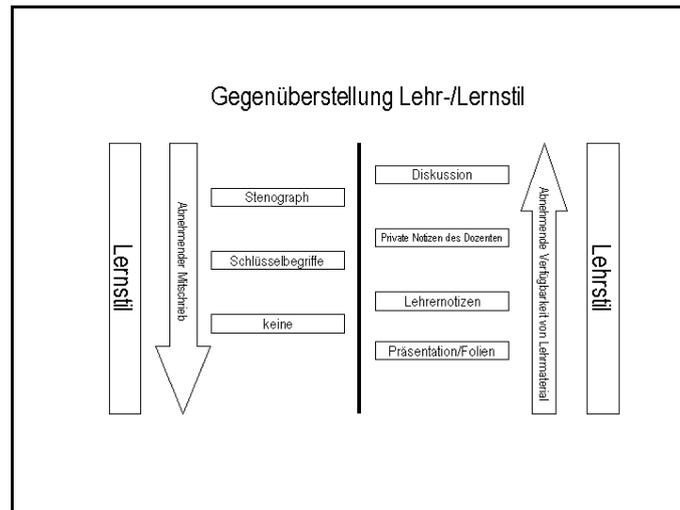


Abbildung 4: Gegenüberstellung verschiedener Lehr-/Lernstile.

Die Integration von Ubiquitous Computing in der Lehre kann nur vernünftig erfolgen, wenn die didaktische Komponente konkret ausgestaltet ist.

3.2.2 Technologisch

Beim Einsatz von Ubiquitous Computing in der Lehre ist die Qualität der Technik der kritische Erfolgsfaktor. Sowohl technische Störungen als auch der Verlust von nonverbaler Kontextinformationen durch Mimik, Gestik und weiterer körpersprachlicher Elemente lässt sich durch eine zunehmende situationsangepasste Medienkompetenz teilweise kompensieren.³²

Es lassen sich einige technische Problembereiche in diesem Zusammenhang identifizieren. Alle in der Lehrveranstaltung eingesetzten Medien müssen über Anwendungen zwischen den Standorten verteilt werden können. Dies erfordert eine Infrastruktur, die multimediale Datenströme übertragen kann und den Anforderungen unterschiedlicher Anbindungen verschiedener Teilnehmer gerecht wird. So ergibt sich bereits bei der Vorbereitung ein Mehraufwand bei der Erstellung multimedialer Bestandteile und deren didaktischer Aufbereitung.³³ Der Weg zum Ubiquitous Computing fördert die kontinuierliche Interaktion und impliziert dadurch weitere Randbedingungen.³⁴ Es existiert weder ein klarer Anfang noch ein absolutes Ende eines Lernprozesses. Unterbrechungen müssen technologisch unterstützt werden, das bedeutet Interaktionen müssen in Sequenzen modelliert werden. Auch ist es möglich, dass

³² Vgl. Mauve, M./Scheele, N./Geyer, W. (2000) siehe auch Gliederungspunkt 7.

³³ Vgl. Hilt, V./Schremmer, C/Kuhmüch, C/Vogel, J. (2001), S. 23f.

³⁴ Siehe hierzu auch Gliederungspunkt 4.2.

mehrere Aktivitäten parallel ablaufen und damit miteinander konkurrieren. Damit ist ein context-shifting sowie eine Zurückverfolgung vergangener Aktionen zu gewährleisten. Die zur Zeit einhellige Meinung sieht die Zeit als Diskriminator vor. Aktionen werden mit Zeitstempeln versehen, so können Aktionen unterbrochen und zu jedem gewünschten Zeitpunkt wieder aufgenommen werden. Problematischer ist die Integration assoziativer Informationsmodelle, um verschiedene Sichten auf Informationen zu gestatten.³⁵

Es ergeben sich auch für die unterstützenden Werkzeuge einige Anforderungen. Es ist darauf zu achten, dass die Bedienung einfach und unproblematisch sowohl für den Dozenten als auch für den Lernenden ist. Um dies zu gewährleisten, ist die Informationsvisualisierung von der technischen Visualisierung zu trennen. Zur Sicherstellung der Kommunikation – insbesondere bei synchronen Verfahren – ist ein Videokonferenzsystem einzusetzen, das die Synchronisierung von Audio und Video sicherstellt. Zum multimedialen Einsatz ist es unabdingbar Graphiken und weitere Standardformate zu importieren sowie eine synchrone Bedienung von Lehrpersonal und Lernenden sicherzustellen.³⁶ Ein typisches Szenario ist in Abbildung 5 links dargestellt.

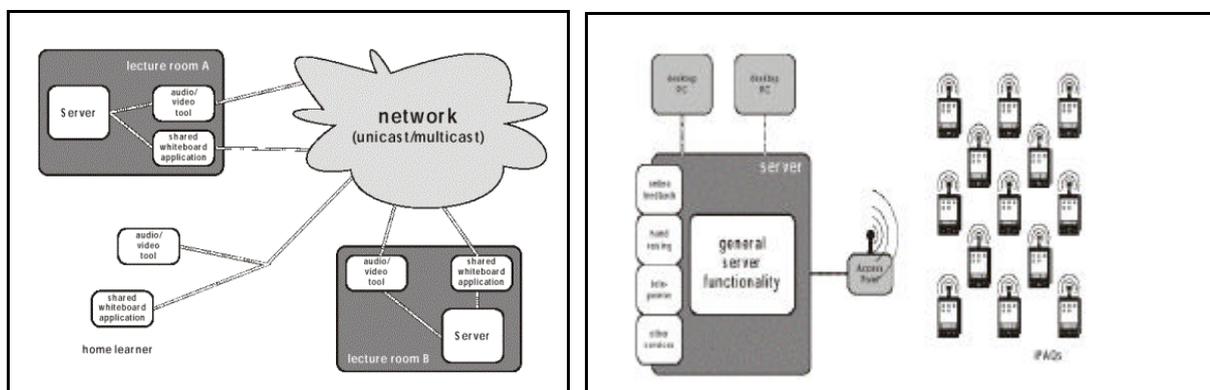


Abbildung 5: Beispielarchitektur ohne (links) und mit Handheld (rechts).

Quelle: **Mauve, M./Scheele, M./Geyer, W. (2000).**

Verteilte Szenarien haben das Problem soziale Protokolle zwischenmenschlicher Interaktion aufrechtzuerhalten und zu kontrollieren. Zur Lösung dieses Problems kommen ‚kollaborative Dienste‘ zum Einsatz. Neben der Steuerung der einzelnen Sitzungen stellen sie auch Dienste wie Fragemeldungen, Abstimmungen, Feedback, Fragespiele und Nachrichtenaustausch zur

³⁵ Vgl. **Abowd, G. D./Mynatt, E. D. (2000)**, S. 42ff.

³⁶ Vgl. **Meyer, L./Pipek, V./Won, M./Zimmer, C (2000)**.

Verfügung.³⁷ Eine Bereitstellung dieser zusätzlichen Dienste im Sinne³⁸ von Ubiquitous Computing ist mit dem Einsatz von portablen Handheld Systemen möglich. Das Szenario in Abbildung 5 wird über einen access point um eine kabellose Verbindung erweitert.³⁹ Darüber hinaus sind Authentifizierungsmechanismen nötig um dem Nutzer die ihm zugeordnete Rolle zu zuweisen. Als Rollen sind derzeit drei Ebenen vorgesehen: Student, Dozent und Super-User. Letzterer ist für die Administration des Systems und zur Fehlerbehebung zuständig. Die um Handheld Systeme erweiterte Architektur ist der Abbildung 5 rechts zu entnehmen.

Nachdem kurz didaktische und technologische Anforderungen an Ubiquitous Computing zusammengestellt wurden, sollen im folgenden zwei Projekte kurz beleuchtet werden und die Erfüllung der dargestellten Anforderungen erläutert werden.

³⁷ Vgl. Mauve, M./Scheele, N./Geyer, W. (2000).

³⁸ Vgl. Scheele, N. (2000), S. 20ff. Vgl. hierzu auch Burkhardt, J./Henn, H./Hepper, S./Rindtorff, K./Schäck, T. (2001), S. 241ff.

³⁹ Im dargestellten Beispielprojekt handelt es sich um eine kabellose Kommunikation nach IEEE802.11. Als Handheld Systeme dienen iPAQ Palmtops, die über die PCMCIA-Schnittstelle an das *wireless network* angebunden sind.

4 Ubiquitous Computing Projekte in der Lehre

4.1 Classroom 2000/eclass

Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von Projekten, die sich mit dem Einsatz von computerunterstützten Technologien in der Lehre beschäftigen. Hierzu zählt beispielsweise der Lecture Browser der Cornell University⁴⁰ oder das MANIC System der University of Massachusetts oder auch das DEFEND⁴¹ System der University of Oslo. Die Liste an Projekten und Unternehmen lässt sich mühelos erweitern. Das Kernproblem des Ubiquitous Computing beim Einsatz in der Lehre ist letztlich die Entwicklung von automatischen Werkzeugen, die sowohl die Aufzeichnung und Integration als auch den Zugriff auf multimediale Daten erlauben.⁴² Das erste gut dokumentierte Projekt in diesem Kontext ist das Classroom 2000 Projekt, das im folgenden kurz skizziert wird.⁴³

Gemäß dem Ubiquitous Computing Ansatz wurde im Juli 1995 am Georgia Institute of Technology das Projekt Classroom 2000 gestartet. Ziel sollte es sein, den Einsatz von Ubiquitous Computing in der Lehre zu erproben und soviel ‚Klassenerfahrung‘ wie möglich zu erhalten. Keinesfalls sollte der traditionelle literaturbezogene Pädagogikstil ersetzt werden – auch nicht ansatzweise. Es wird als Ergänzung gesehen und eröffnet Menschen, die keine Möglichkeit besitzen Veranstaltungen zu besuchen, mit technologischer Unterstützung an Lehrveranstaltungen teilzunehmen.⁴⁴ Um diesen Anforderungen gerecht zu werden wurde zunächst ein Schema für den Ablauf einer Veranstaltung entwickelt. Hierzu sind vier Phasen vorgesehen. Zu Beginn sind **Vorarbeiten** zu leisten, wozu neben den ‚klassischen‘ Vorarbeiten wie Stoffauswahl und -strukturierung auch die Verarbeitung in einem System (Medium) notwendig ist, das später problemlos mit der zur Verfügung gestellten Technologie präsentiert werden kann. Dieser Mehraufwand sollte dabei so gering wie möglich sein. Die Hauptphase das **Live Capture**, also die Aufzeichnung der Veranstaltung, in der alle relevanten Aktivitäten protokolliert werden sollen.

⁴⁰ Vgl. Mukhopadhyay, S./Smith, B. (1999).

⁴¹ DEFEND steht für Distance Education for People with Different Needs.

⁴² Vgl. Abowd, G. D. (1999), S. 508 und S. 528.

⁴³ Vgl. weitergehend Abowd, G. D./Atkeson, C. G./Brotherton, J./Enqvist, T./Gulley, P./LeMon, J. (1998).

⁴⁴ Vgl. Abowd, G. D./Atkeson, C. G./Feinstein, A./Hmelo, C./Kooper, R./Long, S./Sawhney, N./Tani, M. (1996).

Hierbei entstehen die meisten Probleme. So sind insbesondere unterschiedliche Informationsströme, wie die vorbereiteten Folien, eventuell handgeschriebene Notizen von Dozenten und Lernenden, Audio und Video zu berücksichtigen. Daneben sollte es auch möglich sein, während der Veranstaltung präsentierten URLs später nochmals nachvollziehen zu können. Der schwierigste Punkt ist die Rekonstruktion von Benutzeraktionen bei Applikationen, die nicht ohne weiteres mit den Präsentationstools vereinbar ist. Im Anschluss an die beiden zentralen Phasen erfolgt die **Nachbereitung**. Hauptschwierigkeit ist die Gestaltung der Integration, dass ein jederzeitiges Replay ermöglicht. Diese Phase beruht zentral auf den Daten der Aufzeichnungsphase und die Qualität ist letztlich von der vorhergehenden, zweiten Phase abhängig. Abschließend ist die Frage des Zugangs – **Access** – zu klären. Hierzu muss eine weitere Benutzerschnittstelle zur Verfügung gestellt werden. Es bietet sich hierzu WEB-Technologie an.

Der erste Prototyp stellte ein stiftbasierter Computer dar, der von der Firma Liveworks, Inc. entwickelt wurde. Das *LiveBoard* präsentierte die vorbereiteten Folien und ermöglichte weitere Anmerkungen direkt auf dem 67 inch diagonalen Präsentationsschirm. Die erste Softwareversion zur Steuerung des LiveBoard wurde in Visual Basic programmiert und wurde *ClassPad* bezeichnet. Einem Teil der Studenten wurden Handhelds zur Verfügung gestellt, die während der Veranstaltung darauf Aufzeichnungen durchführen sollten. In der Nachbereitungsphase sind die Aufzeichnungen des Dozenten sowie der Studenten zusammengeführt und in HTML-Seiten über einen Webzugang zur Verfügung gestellt worden. Neben den Folien und Anmerkungen wurden auch Audio-Aufzeichnungen durchgeführt, die per Link auf den HTML-Seiten abgerufen werden konnten. Ein weiterer Mehrwert wurde durch eine Suchmaschine über alle Schlüsselbegriffe der Veranstaltung geschaffen, die zu den jeweiligen Folien und verbalen Erläuterungen führt. 1997 wurde das LiveBoard durch Zen* abgelöst. Der zentrale Server ZenMaster übernimmt die Abwicklung der Anfragen der ZenPads. Die Aufzeichnung einzelner Anmerkungen auf dem Whiteboard wird mit Hilfe von Zeitstempeln der jeweiligen Audiodatei zugeordnet. Die abschließende Integration auf HTML-Seiten erfolgt durch StreamWeaver.⁴⁵ Noch heute spielt Classroom 2000, mittlerweile als *eClass* bezeichnet, eine wichtige Rolle in der (Hochschul-)Lehre.⁴⁶

⁴⁵ Vgl. **Abowd, G. D. (1999)**, S. 508ff.

⁴⁶ Vgl. zum Projekt *eClass* URL: <http://www.cc.gatech.edu/fce/eclass>.

Aus didaktischer Sicht lassen sich hier vier wesentliche Kriterien herausarbeiten, anhand derer Classroom 2000/eClass eingeschätzt werden kann.⁴⁷ Die **Steigerung der Aufmerksamkeit** ist bereits als sehr fraglich einzustufen. Es hat sich gezeigt, dass die Technologie noch einen grossen Prozentsatz an Aufmerksamkeit bedarf. Dazu zählt einerseits der Einsatz von Handheld Systemen, die ungefähr 60% langsamer in der Erfassung von Anmerkungen sind als Stift und Papier. Desweiteren eröffnet die Möglichkeit zu einem späteren Zeitpunkt die Veranstaltung nochmals durchzugehen eine erhöhte Tendenz unaufmerksamer in die Veranstaltung – wenn überhaupt – zu gehen. Eine **Motivationssteigerung** ist ebenfalls nur bedingt zu verzeichnen. Dies liegt aber vornehmlich an der Konstruktion der Veranstaltungsumgebung. Da nicht alle Lernende einen Handheld zur Verfügung gestellt bekamen, ergab sich eine geringe Motivation diese Technologie intensiv einzusetzen. Zum Tragen kam dadurch ein unterschiedlicher Studentennutzen. Lernende ohne Handheld erhielten nach Aufbereitung der Veranstaltung automatisch die Anmerkungen der Kommilitonen. Die Folge davon war, daß aufgrund der langsamen Eingabe und dem verzerrten Nutzen grösstenteils die Anmerkungen grösstenteils mit denen des Dozenten identisch waren.⁴⁸ Eine **Aktivierung und Förderung der Interaktionen während der Veranstaltung** scheint auf den ersten Blick gegeben zu sein. Aufgrund der geringen Notwendigkeit sich private Notizen zu machen sowie der ‚nur‘ interessierten Lernenden, sollte eine erhöhtes Diskussionspotenzial geboten sein. Auf der anderen Seite hat sich aber herausgestellt, dass das Frageverhalten eher rückläufig ist, da Antworten eventuell schon gegeben worden sind und der Lernende die Möglichkeit hat, sich die Veranstaltung nochmals anzuhören und seine Frage zu klären. Dennoch ist davon auszugehen, dass mittel- bis langfristige Fragen eher gestellt werden als in den ‚klassischen‘ Massenveranstaltungen.⁴⁹ Die **Integration und Interaktion außerhalb der Vorlesung** ist insofern gegeben, da die Veranstaltung nachträglich nochmals durchgegangen werden kann. Unterstützt wird das auch durch Newsletter und Mailforen, in denen sich die Lernenden austauschen können.

⁴⁷ Siehe Gliederungspunkt 3.2.1.

⁴⁸ Vgl. Abowd, G. D. (1999), S. 508ff.

⁴⁹ Vgl. Abowd, G. D./Mynatt, E. D. (2000).

In technologischer Hinsicht kann das Classroom 2000 Projekt als ein Vorreiter betrachtet werden. Seit der Namensänderungen in eClass hat sich ein technologischer Status quo entwickelt, der für den Einsatz in synchronen Lehr-/Lernsituationen durchaus brauchbar ist. Ein vorrangiges Ziel stellt dabei die **einfache, unproblematische und synchrone Bedienung von Dozent und Lernenden** dar. Vom heutigen Stand ist in der Regel davon auszugehen, dass diese Prämisse erfüllt ist. Die **Trennung technischer und inhaltlicher Visualisierung** ist nur bedingt erfüllt. Noch ist die Technik nicht verschwindend klein – also ubiquitous – aber der Ansatz geht in diese Richtung. Die **Importierung von Graphiken** ist bei diesem Modell nur in der vorbereitenden Phase möglich, während der Veranstaltung ist es nur möglich Anmerkungen und handgezeichnete Graphiken zu integrieren. Dies ist eine vernünftige und angemessene Problemlösung. Auch die **Synchronisierung von Audio und Video** ist über Zeitstempel weitestgehend gelöst und kann höchstens noch im Sinne von Performanceverbesserungen beim nachträglichen Zugriff verbessert werden.

4.2 VIROR Project

Im Hochschulbereich gibt es eine Vielzahl von Projekten zur Unterstützung der Lehre. Das VIROR-Projekt stellt dabei ein gemeinsames Projekt der vier Universitäten des Oberrheins Freiburg, Karlsruhe, Mannheim und Heidelberg dar. Ziel ist eine (teil-)virtuelle Universität zu schaffen, die eine geringe Orts- und Zeitbindung von Lernenden und Dozenten erfordert. Auch ist es möglich, dass unterschiedliche Forschungsgebiete miteinander kommunizieren und so die interdisziplinäre Forschung voranzutreiben. Folglich ist VIROR ein Konglomerat von unterschiedlichen Projekten mit verschiedenen Schwerpunkten. Seit 1998 sind über 30 Institutionen und sechs Fachbereiche Teil dieses Gesamtprojekts. Es werden multi- und telemediale Lehrangebote zur Verfügung gestellt.⁵⁰

Als Technologien werden MBone-Tools eingesetzt, die streckenweise durch MPEG-2 Hardware Codecs ersetzt werden.⁵¹ Eine abschließende Darstellung und Bewertung des VIROR Projektes ist aufgrund der Vielzahl von unterschiedlichen einzelnen Teilprojekten nicht mö-

⁵⁰ Vgl. hierzu Meyer, L./Pipek, V./Won, M./Zimmer, C. (2000) sowie Hofer, M./Eckert, A./Reimann, P./Döring, N./Horz, H./Schiffhorst, G./Weber, K. (1999). VIROR steht für Virtuelle Hochschule Oberrhein.

⁵¹ Vgl. weitergehend Schremmer, C./Hilt, V./Effelsberg, W. (2000). Als MBone Tools zur Tonübertragung stehen vat (visual audio tools) bzw. rat (robust audio tool) zur Verfügung, während vic (videoconferencing tool) für die Videoübertragung verantwortlich zeichnet. Die Universität bietet ein internetgestütztes Beratungssystem an, vgl. URL: <http://viror.psi.uni-heidelberg.de/Beratung.html>.

glich. Es sollen im folgenden die didaktischen und technologischen Kriterien kurz beleuchtet werden und eventuelle Chancen aufgrund der Verschiedenartigkeit des VIROR-Projektes herausgestellt werden.⁵²

Im didaktischen Bereich ist die **Steigerung der Aufmerksamkeit** als fraglich einzustufen. Hier ist es abhängig von der Ausprägung der Veranstaltung. Sofern es sich um ein asynchrones Verfahren handelt, können im wesentlichen die Punkte des Classroom Projektes aufgegriffen werden. Bei einem rein synchronen Verfahren besteht die Möglichkeit des Wissensaustauschs zwischen zwei oder mehr Gruppen, die sonst nur schwer in Kontakt kommen können. Eine **Motivationssteigerung** kann durchaus verzeichnet werden, da hier auch fakultätsübergreifend gearbeitet wird. Die **Aktivierung und Förderung der Interaktionen während der Veranstaltung** ist ebenfalls abhängig von der Form der Projektumsetzung. Im wesentlichen ist aber davon auszugehen, dass hier eine positive Tendenz zu erkennen ist. Die letzte Anforderung – **Integration und Interaktion außerhalb der Vorlesung** – ist in jedem Teilprojekt gegeben, da in jedem Fall eine größere Auseinandersetzung mit den Inhalten vollzogen werden muss.

In technologischer Hinsicht ist eine abschliessende Bewertung ebenfalls nur sehr eingeschränkt möglich. So ist eine **einfache, unproblematische und synchrone Bedienung von Dozent und Lernenden** nur dann zu gewährleisten, wenn es sich um ein synchrones Verfahren handelt und nicht lediglich für Übungszwecke entworfene Tools zur Verfügung gestellt werden sollen. Die **Trennung technischer und inhaltlicher Visualisierung** wird größtenteils erfüllt. Als Standard stellt sich die **Importierung von Graphiken** sowie die Sicherstellung der **Synchronisierung von Audio und Video** über Zeitstempel dar.

⁵² Siehe auch Gliederungspunkt 4.1.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Trotz des vorhergehenden Wunschbekundens von Technikeinsatz, sei es für die Sicherstellung des späteren beruflichen Könnens oder einfach aus Effizienzgründen in Massenveranstaltungen, wird dieser letztlich seltener genutzt als erwartet. Ein – vermuteter – linearer Zusammenhang zwischen ‚besserer‘ Technik und einer höheren Akzeptanz ist nicht festzustellen.⁵³ Die erhöhte Motivation, wie sie aus Beispielen der Fernuniversität Hagen und deren Technologieeinsatz vermuten lässt, scheinen andere Ursachen zu haben als der pure Technologieeinsatz.⁵⁴ Auch wird der Einsatz von kollaborativen Diensten nicht so stark genutzt, wie man grundsätzlich vermuten würde. Als Gründe hierfür können angeführt werden: die Dienste sind nicht bekannt, deren Gebrauch ist nicht intuitiv und der Zugriff auf diese Dienste ist nicht in jedem Fall direkt möglich. So sind spontanen Interaktionen und Kommunikationen nur bedingt möglich.⁵⁵

In technologischer Hinsicht gilt es weiterhin die Vor- und Nachbereitungszeiten zu verringern. Hier ist die ursprüngliche Vision, einfaches Scannen von Vorlagen durch Drücken dieser auf das Whiteboard, noch immer nicht erfüllt. Die Bedienerfreundlichkeit muss weiter gesteigert werden und an die bekannten Abläufe angepasst werden. Dies gilt auch auf die Zugriffsmöglichkeiten nach der Veranstaltung. Hier spielen Punkte wie mLearning eine tragende Rolle.⁵⁶ Es sollte mittelfristig möglich sein, Fragen und Antworten auf Problemstellungen auf dem Weg zur Veranstaltung aufzuzeichnen. Die Handheld Technologie geht bereits in diese Richtung. Im didaktischen Bereich ist dafür Sorge zu tragen, so früh wie möglich Technologien einzusetzen. Nur so ist es möglich, bereits sehr früh die Medienkompetenz zu fördern. Desweiteren ist die Komplexkapazität der Dozenten zu berücksichtigen, daraus folgt, dass Ubiquitous Computing so wörtlich wie möglich genommen werden muss. Weiterhin ist Handlungsbedarf bei der Generierung von Zusammenfassungen und Überblicken sowie der Möglichkeit an den jeweiligen Wissensstand des Lernenden anzuknüpfen.

⁵³ Vgl. **Buchholz, A. (1999)**.

⁵⁴ Vgl. **Meyer, L./Pipek, V./Won, M./Zimmer, C (2000)**.

⁵⁵ Zu ‚kollaborativen Diensten‘ siehe Gliederungspunkt 4.1, vgl. auch **Mauve, M./Scheele, N./Geyer, W. (2000)**.

⁵⁶ Siehe hierzu Gliederungspunkt 3.1. Unter mLearning versteht man mobile Learning.

Literaturverzeichnis

Abowd, G. D. (1999): Classroom 2000: An experiment with the instrumentation of a living educational environment. In: IBM Systems Journal, Vol. 38, No. 4, 1999.

Abowd, G. D./Atkeson, C. G./Brotherton, J./Enqvist, T./Gulley, P./LeMon, J. (1998): Investigating the capture, integration and access problem of ubiquitous computing in an educational setting. In: Proc. Of CHI'98, May 1998, pp. 440-447. Online-Version: URL: <http://www.cc.gatech.edu/fce/c2000/pubs/chi98/full/index.html>, abgerufen: 21. Oktober 2001.

Abowd, G. D./Atkeson, C. G./Feinstein, A./Hmelo, C./Kooper, R./Long, S./Sawhney, N./Tani, M. (1996): Teaching and Learning as Multimedia Authoring: The Classroom 2000 Project. In: Proc. of Multimedia 96. pp. 187-198.

Abowd, G. D./Mynatt, E. D. (2000): Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing. In: ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 7, No. 1, March 2000, pp 29 – 58.

Achtenhagen, F. (1984): Didaktik des Wirtschaftslehreunterrichts. Leske und Budrich, Opladen, 1984.

Buchholz, A. (1999): Von rollenden Schreibtischstählen und virtuellen Studenten – Ethnographie einer Televeranstaltung. Auszug aus Dissertation. URL: <http://www.vivor.de/service/publikationen/dokumente/buchholz.doc>, abgerufen am: 23. Oktober 2001, erstellt: 1999.

Burkhardt, J./Henn, H./Hepper, S./Rindtorff, K./Schäck, T. (2001): Pervasive Computing. Technologie und Architektur mobiler Internet-Anwendungen. Addison-Wesley, München, 2001.

Computerwoche (2001a): PDA-Geschäft bricht ein. In: Computerwoche 44/2001, S. 28.

Computerwoche (2001b): PDA-Geschäft bricht ein. In: Computerwoche 44/2001, S. 7.

Davis, R. C./Landay, J.A./Chen, V./Huang, J./Lee, R. B./Li, F. C./Lin, J./Morrey, C.B./Schleimer, B./Price, M.N./Schilit, B.N. (1999): NotePals: Lightweight Note Sharing by the Group, for the Group. In: Proc. CHI'99, Pittsburgh, USA, May 1999. S. 338-345.

Dubs, R. (1995): Lehrerverhalten. Verlag des Schweizerischen Kaufmännischen Verbandes Zürich, 1. Auflage, Zürich 1995.

Geyer, W. (1999): Das digitale lecture board: Konzeption und Entwicklung eines Whiteboards für synchrones Teleteaching. Sankt Augustin: Infix, 1999.

Geyer, W./Eckert, A./Effelsberg, W. (1998): Multimedia in der Hochschullehre – TeleTeaching an den Universitäten Mannheim und Heidelberg. In: Studieren und weiterbilden mit Multimedia, Reihe Multimediales Lernen in der Berufsbildung, BW Bildung und Wissen Verlag, Nürnberg, 1998, S. 170-196.

Golem (2001): Weltweiter PDA-Markt schrumpft um knapp 10 Prozent. URL: <http://www.golem.de/0111/16733.html>, abgerufen am: 29. Oktober 2001, erstellt am: 5. November 2001.

Hilt, V./Schremmer, C./Kuhmünch, C./Vogel, J. (2001): Erzeugung und Verwendung multimedialer Teachware im synchronen und asynchronen Teleteaching. In: Wirtschaftsinformatik 43 (2001) 1, S. 23-33.

Hofer, M./Eckert, A./Reimann, P./Döring, N./Horz, H./Schiffhorst, G./Weber, K. (1999): Päd.-Psych. Begleitung der „Virtuellen Universität Oberrhein“ (VIROR), URL: <http://www.viror.de/service/publikationen/dokumente/hofer-begleitung.doc>, abgerufen: 22. Oktober 2001.

Mauve, M./Scheele, N./Geyer, W. (2000): Enhancing Synchronous Distance Education with Pervasive Devices. Online-Version. URL: <http://www.informatik.uni-mannheim.de/informatik/pi4/publications/library/Mauve2001b.pdf>. 2000, abgerufen am: 5. November 2001.

Mayes, T./Coventry, L./Thomson, A./Mason, R. (1994): Learning through telematics – Part Two: Discussion. Project report of the learning through telematics project. S. 1-48.

Meyer, L./Pipek, V./Won, M./Zimmer, C (2000): Interaktive Lehrformen im Hochschulbetrieb: Neue Herausforderungen. Springer 2000.

Mukhopadhyay, S./Smith, B. (1999): Passive Capture and Structuring of Lectures. In: Proc. Of ACM Multimedia '99, Orlando, 1999.

Myers, B.A./Stiel, H./Gargiulo, R. (1998): Collaboration Using Multiple PDAs Connected to a PC. In: Proc. CSCW'98, Seattle, USA, 1998, S. 285-294.

Patrick, A. S. (1999): The Human Factors of Mbone Videoconferences: Recommendations for Improving Sessions and Software. In: Journal of Computer-mediated Communication, Vol. 4, No.3, March 1999. Online-Version: URL: <http://jcmc.huji.ac.il/vol4/issue3/> oder <http://www.ascusc.org/jcmc/vol4/issue3/patrick.html#Perspective>, abgerufen: 23. Oktober 2001.

PCtip (2001): PDA-Markt boomt. URL: <http://www.pc-tip.ch/webnews/wn/17673.asp>, abgerufen am: 30. Oktober 2001, erstellt am: 30. Januar 2001.

Scheele, N. (2000): Enabling Interactive Education with Handheld-Devices. Diplomarbeit. Lehrstuhl für Praktische Informatik IV, Universität Mannheim, Mai 2000.

Weiser, M. (1993): Some computer science issues in ubiquitous computing. In: Communications of the ACM, 36 (7), S. 75 - 84. Juli 1993.

Weiser, M./Gold, R./Brown, J. S. (1999): The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s. In: IBM Systems Journal, Vol. 38, No 4, 1999.