



REIMANN, P. & ZUMBACH, J. (2001).

DESIGN, DISKURS UND REFLEXION ALS ZENTRALE ELEMENTE
VIRTUELLER SEMINARE.

IN F. HESSE & F. FRIEDRICH (HRSG.), *PARTIZIPATION UND INTERAKTION IM
VIRTUELLEN SEMINAR* (S. 135-163). MÜNCHEN: WAXMANN.

Peter Reimann und Jörg Zumbach

Design, Diskurs und Reflexion als zentrale Elemente virtueller Seminare

New information and communication technologies afford new possibilities for learning and teaching at universities. In the first generation of web-based teaching, this potential has mainly been realized in order to overcome logistical problems (independence of time and location) and problem of scale (delivering to very large classes). We argue that the time has come for a second generation of web-based teaching approaches that focus on the potential to implement new ways of learning.

We see a great potential in the combination of collaborative learning with design (or construction) task. We therefore provide an overview of models and examples of small group computer supported collaborative learning that enriches online education by means of social exchange, design and reflection. It is discussed how online learning communities can be established using the World Wide Web and which kind of support is required to support reflection in such groups. Special attention is devoted to “learning-by-design” tasks which lend themselves to collaborative approaches because of the complex nature of the problems. In addition, they support collaboration because of the predominant role of artifacts generated in the course of problem solving.

Keywords: Online Learning – Learning Communities – CSCL – Informationsdesign – Kommunikationsdesign – Designaufgaben – Reflexion – Protokollierung

1. Einleitung

Von verschiedenen Seiten wird beklagt, dass die Lehre an Deutschen Hochschulen weder dazu führt, dass Studierende über konsistentes und flexibel einsetzbares Grundlagenwissen in ihrer Disziplin verfügen noch dazu, dass diese zu lebenslangem Lernen befähigt würden. Vieles spricht dafür, dass dafür Mängel in der universitären Lehre verantwortlich sind. Lassen sich pädagogische Maßnahmen angeben, die zu einer angemesseneren Wissens- und Fertigkeitsvermittlung an Hochschulen beitragen? Die aktuelle lernpsychologische und pädagogische Forschung liefert eine Reihe von Hinweisen wie sich der Erwerb komplexer kognitiver Fertigkeiten adäquat unterstützen lässt. Daraus lassen sich didaktische Leitlinien wie etwa die Folgenden ableiten (nach Bransford, Brown, & Cocking, 1999; Jonassen & Land, 2000; Koschmann, 1994):

- **Multiple Perspektiven:** Wissen ist komplex, dynamisch, kontextsensitiv und auf vielfältige Art verwoben; Instruktion sollte multiple Perspektiven (zum Beispiel unterschiedliche Expertenmeinungen), multiple Repräsentationen und multiple Problemlösestrategien vermitteln.
- **Aktive Lernhaltung:** Lernen geschieht nicht durch die einfache Übernahme von Präsentiertem, sondern erfordert die mentale Rekonstruktion auf Seiten des Lernenden; Instruktion sollte kognitive Initiative und die aktive Suche nach Bedeutung fördern.
- **Einbettung und Vorwissen:** Lernen ist ein Prozess der Akkommodation, der Anpassung neuer Informationen an vorhandene Wissensstrukturen und gleichzeitig der Adaptation, der Anpassung vorhandener Wissensstrukturen und Überzeugungen an neue Informationen. Unterricht sollte systematisch vorhandenes Wissen und Erfahrungen nutzen.
- **Authentizität:** Lernen ist eingebettet in multiple Perspektiven, Ziele und Kontexte. Unterricht sollte daher authentische Aktivitäten und Settings sowie authentische Problemstellungen beinhalten.
- **Artikulation und Reflexion:** Lernen wird verbessert durch Artikulation, Abstraktion und durch Perspektivenübernahme; Instruktion sollte daher Gelegenheit bieten, dass Lernende neu erworbenes Wissen kontinuierlich artikulieren und reflektieren können.
- **Wissen als Prozess:** Lernen in wissenschaftlichen Gegenstandsbereichen ist endlos; Unterricht sollte daher einen Sinn für die Relativität von Erkenntniszuständen vermitteln, die Einsicht, dass komplexes Material von niemandem vollständig verstanden wird und eine lebenslange positive Einstellung zur Wissenserweiterung nahe legen.

Es ist offensichtlich, dass sich solche didaktischen Prinzipien unter den Bedingungen des heutigen Massenstudiums nur schwer realisieren lassen. In dieser Situation sind Methoden des Teleteachings und des web-basierten

Lernens Kandidaten, um zumindest einen Teil solcher didaktischen Vorstellungen zu realisieren, ohne die ökonomischen Rahmenbedingungen in größerem Maße zu strapazieren.

Zur Zeit dominieren an der konventionellen Vorlesung orientierte Formen der netzbasierten Präsentation und Interaktion: Vorträge werden „on-line“ gehalten, Foliensätze in Webseiten konvertiert. Aber wird dies dem Potential des webbasierten Lernens gerecht? Gerade das Internet und damit verbundene Formen des Teleteaching lassen es zu, dass Lernen kooperativ und kollaborativ gestaltet werden kann und Wissen in einem sozialen Kontext erworben wird. Allerdings stellt sich dabei die Frage, wie das technische Potential des Kommunikationsmediums Internet denn nun tatsächlich auf sinn- und gehaltvolle Art und Weise zur Wissensvermittlung verwendet werden kann. Zentral ist dabei die Art der Gestaltung von didaktischen Kollaborationsszenarien und deren Merkmale, damit Kooperation und Kollaboration beim Lernen unterstützt wird. Dieser Aspekt wird im folgenden Abschnitt näher behandelt.

Wir stellen im Folgenden einen Ansatz vor, der Elemente des Konstruierens (wir sprechen lieber von Designfähigkeit), des kollaborativen Lernens (Diskurs) und der Reflexion eigener Tätigkeit kombiniert. Dabei zielt unser Ansatz darauf ab, in virtuellen Lerngruppen realisierbar zu sein, also nicht an die örtliche und zeitliche Co-Präsenz der Lernenden gebunden zu sein. Wir verstehen dies als einen Beitrag zur Gestaltung virtueller (projektorientierter) Seminare und Übungen.

2. Kollaboratives Lernen

Lernen in Kleingruppen, kurz kollaboratives Lernen, ist ein geeigneter Ansatz, um didaktische Leitvorstellungen, die als effektiv betrachtet werden, zu realisieren. Zum Beispiel werden multiple Perspektiven (Spiro & Jeng, 1990) fast automatisch eingeführt, wenn man gemeinsam an einer Problemstellung arbeitet. Kollaboratives Lernen erlaubt das Beobachten von (sozialen) Modellen, erfordert Artikulation und schafft damit die Voraussetzung zur Reflexion, alles Prinzipien des *apprenticeship learnings* (Brown, Collins und Duguid, 1989). Gruppenlernen in der ein oder anderen Form ist eine nachgerade klassische Unterrichtsform, deren Vor- und Nachteile ausführlich untersucht und diskutiert wurden und werden (für einen Überblick z.B. Cohen, 1994; Slavin, 1995).

Die Befürworter kollaborativer Lernformen führen eine Reihe von Argumenten auf, teils pragmatischer, teils prinzipieller, teils empirischer Art (für einen Überblick siehe etwa Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1999). Ein wichtiges pädagogisches Argument für das Lernen in Gruppen ist die Rolle der Kommunikation für das Denken und Lernen. Der durch die Kommunikation mit anderen entstehende Zwang, seine Gedanken bei der Versprachlichung klar und kohärent zu strukturieren, ermöglicht die Aufdeckung von Wissenslücken und Verständnisproblemen. Darüber hinaus lernt man durch Austausch mit Anderen unterschiedliche Auffassungen kennen und lernt die Dinge aus unterschiedlicher Perspektive betrachten. Dies setzt allerdings voraus, dass Kommunikation mehr ist als ein Ritual, in dem ein Wissender (Lehrer, Dozent) einem oder mehreren Unwissenden etwas beibringt. Für stabile und ernsthafte Gruppenarbeit ist *transformative Kommunikation* (Pea, 1994) gefordert, die Bereitschaft aller Beteiligten, aus der gemeinsamen Tätigkeit mit neuen und/oder veränderten Überzeugungen heraus zu kommen.

Kombiniert man die Vorteile kollaborativen Lernens mit den Möglichkeiten der netzbasierten Kommunikation (Koschmann, Myers, Feltovich & Barrows, 1994) ergeben sich nicht nur Effekte der Art, dass bestimmte Prozesse – z.B. die Distribution von Informationen zwischen den Gruppenmitgliedern - leichter fallen; es werden auch neue Möglichkeiten des Lernens eröffnet. Nicht zu leugnen ist aber, dass die Virtualisierung von Interaktionen auch zu neuen Problemen führt. Bei der textbasierten, gleichzeitig meist asynchronen Gruppenarbeit gehen soziale Hinweisreize (Kiesler & Sproull, 1992) und damit auch viele Ressourcen, die üblicherweise beim *social grounding* (Clark & Brennan, 1991; Dillenbourg & Traum, 1996) eine Rolle spielen, verloren. Diese müssen daher durch andere Ressourcen kompensiert werden. Zusammen mit der fehlenden zeitlichen Synchronisierung macht sich das Fehlen sozialer Hinweisreize auch darin bemerkbar, dass das *Turn-Taking*, der Sprecherwechsel, nicht mehr einfach realisierbar wird. Bei der textbasierten, asynchronen Kommunikation (prototypisch: eine Internet Newsgroup) geschieht vieles gleichzeitig und an verschiedenen Anknüpfungspunkten. Software, die insbesondere zur Unterstützung asynchroner Gruppenarbeit gedacht ist (wie z.B. BSCW Server, Appelt & Mambrey, 1999), müssen daher viel Aufwand darauf verwenden, dem Benutzer zu signalisieren, wann welcher Beitrag von wem eingebracht wurde. Es ist bei der textbasierten Gruppeninteraktion zweifellos mühsam, sich zu koordinieren (Boos & Cornelius, 1996). Da Textdokumente leicht kopierbar und aneinanderfügbar sind, wächst die gemeinsam zugängliche Informationsmenge in aktiven Gruppen oft sehr rasch an. Das Auffinden relevanter Informationen wird daher immer schwieriger. Dies ist zum Beispiel ein Problem, dem sich heute schon die meisten eMail-Nutzer ausgesetzt sehen.

2.1 Der Learning Communities Ansatz

Die bisher erwähnten Probleme gelten insbesondere auch für die spezielle Form des kollaborativen Lernens, die wir näher analysieren wollen: den *Learning Communities* (LCs) Ansatz. Nach Bielascyk & Collins (2000) sind LCs (Klein)Gruppen, die sich über das Ziel definieren, das gemeinsame Wissen der Gruppe zu vermehren und über diesen Weg auch die individuelle Wissensentwicklung zu fördern. Ein schon bald historisch zu nennendes Beispiel für virtuelle LCs findet sich in Scardamalia's und Bereiter's CSILE.

Beispiel: CSILE - das Akronym steht für *Computer Supported Intentional Learning Environments* - entstand aus der Arbeit zweier Psychologen, Marlene Scardamalia und Carl Bereiter am *Ontario Institute for Studies in Education* in Toronto (Scardamalia & Bereiter, 1994). Technisch gesehen ist CSILE ein netzwerkfähiger Hypertext, in den Schüler Text und Grafik einfügen. Das Interessante an CSILE ist weniger seine technische Seite – obwohl in die Gestaltung der Benutzeroberfläche viel Aufwand floss – sondern die Art und Weise, in der es für Lernzwecke genutzt wird. Sehen wir uns ein typisches CSILE Klassenzimmer an. Es besteht aus einigen lokal vernetzten Computer (inzwischen gibt es auch eine internetfähige Form). Zu Anfang einer Lerneinheit ist eine CSILE-Datenbank leer. Die Klasse bekommt von der Lehrerin die Aufgabe, sich innerhalb eines bestimmten Zeitraums (Tage bis Wochen) in ein Thema einzuarbeiten. Die Schüler beginnen, mit Hilfe von CSILE einen gemeinsamen Wissensbestand aufzubauen, wobei der Prozess dieses kollektiven Wissensaufbaus dem Schreiben für wissenschaftliche Zeitschriften ähnelt: Schüler entwickeln Theorien und Hypothesen zur Lösung von Problemen, die ihnen in groben Zügen vom Lehrer nahe gelegt wurden. Ein Problem könnte z.B. die Ursachen der globalen Klimaerwärmung sein. Schüler „publizieren“ ihre Theorien und Hypothesen in Form von Datenbank-einträgen. Mitschüler reagieren auf diese Publikationen mit Kommentaren, z.B. Verbesserungsvorschlägen und neuen Hypothesen. Allmählich entstehen auf diese Art und Weise eine Reihe von „Veröffentlichungen“, auf die sich die Klasse insgesamt einigen konnte. Neben dem Schreiben von Hypothesen und Kommentaren, die allen zugänglich sind, führen die Schüler auch Aufgaben alleine oder in Untergruppen durch. Solche Aktivitäten können beispielsweise aus der Suche nach einschlägigen Quellen in Bibliotheken bestehen.

Obwohl CSILE technisch nicht besonders aufwendig ist, stellt es pädagogisch doch eine deutliche Abkehr vom klassischen (Gruppen-)Unterricht dar. Das beginnt schon damit, dass ein Lehrer die Datenbank nicht schon im Vorfeld mit vielen Materialien füllt. Darüber hinaus laufen die meisten Dialoge zwischen den Schülern ab und nicht zwischen Schüler und Lehrer. Als sehr wichtig und motivierend hat sich herausgestellt, dass Schüler an einem gemeinsamen (hypermedialen) Produkt arbeiten, dass über den zeitlichen und räumlichen Kontext des Klassenzimmers hinaus besteht. In gewissem Maß kompensiert dieses gemeinsame Produkt „kustodiale“ Maßnahmen; so kann in CSILE auf die Gruppenarbeit strukturierende Anleitungen und eine didaktische Vorbereitung des Lernmaterials verzichtet werden.

Es ist schwierig, CSILEs Qualitäten als Lernmethode zu bewerten, da sich die Lerneffekte in typischen Testwerten nicht unbedingt niederschlagen. Es liegen aber einige Studien vor, die demonstrieren, dass CSILE zumindest für seinen ursprünglich intendierten Zweck, der Verbesserung der Schreibleistung, sein Ziel erreicht (Lamon, Secules, Petrosino, Hackett, Bransford & Goldman, 1996; Scardamalia, Bereiter & Lamon, 1994). Unbestritten ist auch der Motivations Schub, den die meisten Schüler in dieser Lernumgebung erleben.

Weitere wichtige Impulse zur praktischen Realisierung netzbasierter LCs und deren Erforschung gingen von der Gruppe um Roy Pea und dem CoVis Projekt aus (Pea, 1993; 1994). Reinmann-Rothmeier und Mandl (1999) fassen die Merkmale, die eine LC generell konstituieren, wie folgt zusammen: den Zuwachs an individuellem und sozial geteiltem Wissen fördern, das Teilen und Aushandeln von Wissen anregen, das Lernen aus Erfahrung und Fehlern unterstützen, metakognitive Gruppenprozesse fördern, für Offenheit und strukturelle Abhängigkeiten sorgen sowie Identitätsbildung und gegenseitigen Respekt anregen.

Im Unterschied zu arbeitsbezogenen Gruppen, wie man sie in Firmen und Organisationen, z.B. häufig in Form von Projektgruppen, antrifft, ist eine zentrale Funktion der LC die gemeinsame Wissenskonstruktion: das gemeinsam geteilte Verständnis („sense making“; Dillenbourg, Baker, Blaye & O'Malley, 1995). Wichtigstes Mittel, um dieses Ziel zu erreichen, ist das Gespräch, z.B. Sequenzen von Verständnisfragen und Antworten in Form von Erklärungen. Allgemeiner lässt sich der basale Kommunikationsprozess, der zu gemeinsamen Wissensbeständen führt, in drei Teilkomponenten zerlegen (Fischer, Bruhn, Gräsel & Mandl, 1998): (1) *Externalisierung*: Lernpartner A bringt sein aufgabenbezogenes Wissen in den Diskurs ein; (2) *Elizitation*: A bringt Lernpartnerin B (oder weitere) dazu, dass diese ihr aufgabenbezogenes Wissen einbringt, insbesondere mit Bezug auf die Externalisierung von A. Zum Beispiel kann A eine Frage in die Runde stellen oder einen Lernpartner direkt ansprechen; (3) *Konsensualisierung*: Abweichungen in den gegenseitigen Auffassungen sind wesentlicher Anlass zum Lernen, da - ausgelöst durch die Identifikation eines Konfliktes - ein Konsens gesucht wird, der in einer

Wissenserweiterung oder
-umstrukturierung bestehen kann. Der Konsens kann konfliktorientiert (3a) oder integrationsorientiert (3b) aufgelöst werden. Im Sinne der sozio-kognitivistischen Position (Doise & Mugny, 1984) sollte vor allem die konfliktorientierte Konsensbildung lernförderlich sein. Es wird aber häufig beobachtet, dass in Gruppen die integrationsorientierte Konsensbildung vorherrscht, wodurch der sachliche Konflikt nur all zu oft nicht wirklich aufgelöst wird („Konsensillusion“, Christensen & Larson, 1993). Dadurch gehen der Gruppe Lerngelegenheiten verloren.

Im Falle, dass eine LC authentische Probleme/Themen bearbeitet, auf didaktische Anleitung und Vorstrukturierung zu Gunsten selbst gesteuerter Maßnahmen verzichtet und sich Arbeitsteilung und Rollenverteilung - wenn überhaupt - stark konsensgesteuert einstellen, sind LCs besonders darauf angewiesen, dass die soziale Koordination, das *grounding* und die gemeinsame Repräsentation von Wissen funktioniert. Dabei spielen externe Repräsentationen („Artefakte“) eine besondere Rolle. Wir wollen im Folgenden betrachten, wie von Gruppen geschaffene Artefakte genutzt werden können, um die Reflexion über das eigene Tun zu fördern.

2.2 Unterstützung von Reflexionsprozessen in virtuellen Lerngruppen

Was meinen wir mit Reflexion und warum halten wir sie für wichtig? Wir meinen mit Reflexion metakognitive Prozesse, bei denen das eigene Verhalten und das eigene Verständnis eines Sachverhaltes zum Gegenstand der Analyse gemacht werden. Medizinstudenten können z.B. ihr Vorgehen bei der Diagnose eines schwierigen Falles analysieren, Projektgruppen können über die Verbesserung ihrer Kommunikation nachdenken. Reflexionsprozesse sind deswegen so wichtig, weil sie Lernprozesse beschleunigen (quantitativer Aspekt: schneller als Lernen durch Versuch und Irrtum) und weil sie Lernprozesse qualitativ verändern: verständnisorientiert statt rein performanzorientiert (Ching, 1999; Perkins, 1999; Wiske, 1998).

Eine Voraussetzung für reflektierendes Lernen ist, dass „Spuren“ des eigenen (individuellen oder kollektiven) Problemlösehandelns und/oder Sachverständnisses verfügbar sind, die zum Gegenstand von Analysen gemacht werden können. Wir haben bereits erwähnt, dass Modelle und andere Artefakte im Sinne externer Repräsentationen eine gute Möglichkeit für Lernende darstellen, ihr jeweils aktuelles Verständnis eines Sachverhaltes zu explizieren. Zum Festhalten des Problemlöse- (Denk-/Entscheidungs-/Design-) *verhaltens* gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, die sich in zwei Kategorien einteilen lassen: explizite und implizite Protokollierung¹. Im Prinzip sollte jede Art von Lernen, bei der Reflexion über das eigene Vorgehen sinnvoll ist, von der Verfügbarkeit solcher Problemlösehistorien profitieren. Das zeigt sich unter anderem dadurch, dass so gut wie jedes uns bekannte Programm zur Verbesserung von strategischer Kompetenz und Metakognition die Rolle von Selbstbeobachtung und Reflexion betont (z.B. Palinscar & Brown, 1984).

2.2.1 Explizite, themenorientierte Protokollierung

Individuell wie in Gruppen profitieren Lernende von Protokollierungsmethoden, bei denen sie explizit aufzeichnen müssen, was und warum sie etwas getan haben. Sehr beliebt sind solche Methoden im Kontext von Entdeckungslernen, insbesondere in Kombination mit experimentellen Methoden, wenn Lernende also Experimente durchführen, Daten erheben und Theorien testen (Linn & Hsi, 2000; Tabak & Reiser, 1997). Zum Einsatz kommen hier z.B. computerbasierte Protokollmethoden, um experimentelle Daten aufzuzeichnen und zu analysieren (de Jong & van Joolingen, 1998; Reimann, 1991).

Eine für das Arbeiten in Gruppen besonders geeignete Methode ist die Strukturierung durch semantische Auszeichnungen. In CSILE (Scardamalia & Bereiter, 1994) z. B. werden Auszeichnungen der Art „I Need to Understand“ oder „My Hypothesis Is“ verwandt und jeder Schülerbeitrag wird solchen und ähnlichen Kategorien zugeordnet. Die Vorteile solcher strukturierter Kommunikation sind unter anderem, dass sich die Aufgabenstellung für die Teilnehmer in kleine Schritte unterteilen lässt. Darüber hinaus wird es leichter, den Fortschritt einer Gruppe von Lernenden zu dokumentieren und auch für andere nutzbar zu machen: Durch die Strukturierung der individuellen Beiträge ist es für Außenstehende oder neu in die Lerngruppe Kommende einfacher festzustellen, wo die Gruppe ist und von wo sie herkommt.

In einer explorativen Untersuchung gingen Orth & Reimann (2001) der Frage nach, wie sich die Strukturierung des Diskurses zwischen den Teilnehmern einer virtuellen Lerngruppe auf die Diskursqualität auswirkt. Aufga-

¹ Wir sprechen absichtlich von „Protokollierung“ und nicht von „Protokoll“, da im Kontext des kollaborativen Lernens „Protokoll“ im Sinne von „Skript“ verwandt wird: Ein Protokoll regelt die Art und Weise, wie Gruppenmitglieder untereinander Information austauschen.

benstellung für die experimentellen Lerngruppen war es, über ein Umweltthema (Verschmutzung der Meere durch von Tankern verursachte Ölkatastrophen) zu diskutieren. Die experimentellen Gruppen konnten ihre Diskussion in einer von drei Formen führen:

1. Unstrukturierter Meinungs-austausch, realisiert über ein chat-Programm.
2. Semistrukturierter Meinungs-austausch: Die Gruppenmitglieder kommunizierten untereinander über eine geteilte Applikation, ein *mind-mapping* Programm. In diesem Programm konnten sie in grafischer Form Knoten (Argumente, dargestellt als Kärtchen auf dem Bildschirm) über gerichtete Kanten (Pfeile) miteinander verbinden. Es gab zwei Typen von Kanten: Pro-Argument (X stützt Y) und Contra-Argument (X ist ein Gegenargument zu Y).
3. Vollstrukturierter Meinungs-austausch: In dieser Bedingung nutzten die Teilnehmer die ebenfalls grafische IBIS-Argumentationsmethode (Conklin, 1993), die sieben Knotentypen (z.B. „Idee“, „Frage“, „Pro“, „Contra“) und vier Kantentypen (z.B. „erweitert“, „spezialisiert“) kennt. Ein Beitrag (oder Sprechakt) muss entsprechend dieser Syntax klassifiziert werden².

Die Qualität der Gruppendiskussion wurde bestimmt über ein inhaltsanalytisches Verfahren. Es zeigte sich, dass die Qualität der Argumente in der voll-strukturierten Bedingung am höchsten war, gefolgt von der semi-strukturierten Bedingung. Dies ist zumindest ein Indiz dafür, dass die Nutzung semantisch-vorstrukturierter Repräsentationsangebote für Argumentstrukturen die Qualität der Argumentation verbessert.

Wesentliche Vorteile der expliziten Protokollierungsmethoden sind zum einen, dass sie technisch relativ einfach zu realisieren sind und in ihrer Grundfunktion sogar nur mit Papier und Schreibstift realisiert werden können. Zum anderen werden die Lernenden selbst einbezogen, sind somit Autoren ihrer Protokolle. Das Merkmal, dass die Lernenden selbst zu Protokollanten werden, ist aber auch mit gewichtigen Problemen behaftet. Zum einen sind solche Notizbücher immer unvollständig, da sie von den Aufzeichnungsaktivitäten der Lernenden abhängen. Sie sind darüber hinaus potentiell geschönt, beinhalten post-hoc erstellte Rationalisierungen des eigenen Vorgehens anstatt Beschreibungen des Vorgehens selbst. Zum anderen sind sie motivational problematisch, da das Führen solcher Aufzeichnungen sehr zeitaufwendig ist und von den Lernenden bzw. Problemlösenden nach einer Weile fast immer als mühselige Zusatzbelastung empfunden wird. Erscheint das systematische Notizführen im Kontext von (wissenschaftlichen) Entdeckungsaufgaben dennoch sinnvoll, wird es bei der Bewältigung von anderen Aufgaben, insbesondere bei Designproblemen, in aller Regel als Belastung erlebt (z. B. Buckingham Shum, 1997). Entsprechend selten finden sich in (natürlichen) Design- und Problemlösegruppen auch systematische Aufzeichnungen von Entscheidungsprozessen.

Um solchen Problemen zu begegnen, bieten sich automatisch erstellte Aufzeichnungsmethoden an.

2.2.2 Implizite, prozessorientierte Protokollierung

Bei den impliziten Verfahren werden Problemlöseaktivitäten und/oder Interaktionsaktivitäten automatisch aufgezeichnet und gespeichert. Im einfachsten Fall ist das eine Videoaufnahme; wir werden den Fall betrachten, wo sich die relevanten Aktivitäten am Computer bzw. an einem Webbrowser abspielen, so dass man digitale Protokolle aufzeichnen kann.

Obwohl Feedbacksitzungen auf der Basis von Aufzeichnungen (meist in Form von Videoaufnahmen) in vielen Bereichen seit langem eingesetzt werden (z.B. im Sport, in der militärischen und polizeilichen Ausbildung, bei der Vermittlung sozialer Fertigkeiten in der Weiterbildung), wird dieses Potential in weniger fertigungsorientierten Bereichen weitaus weniger genutzt. Es scheint uns aber sehr plausibel anzunehmen, dass systematische *replays* generell instruktionell wertvoll sind: sei es zur Verbesserung des eigenen Problemlöseverhaltens oder auch zur Verbesserung der Gruppenperformanz. Bei Letzterem mag es wegen der Dynamik und Parallelität sogar besonders hilfreich sein.

Da im Falle des computer- und netzbasierten Problemlösens und Lernens viele Aspekte des zur Reflexion anstehenden Verhaltens automatisch als Nebeneffekt der Performanz aufgezeichnet werden können, wird auch der technische Aufwand und die damit verbundene Eintrittsschwelle gering (z.B. braucht man nun keine extra Videoaufzeichnung mehr).

² Das ausführliche IBIS-Manual befindet sich im Internet: <http://www.gdss.com/wp/IBIS.htm> .

Erstaunlicherweise gibt es zur Nutzung von Historien als Lernressource in der lernpsychologischen und pädagogischen Literatur relativ wenig Beispiele und noch weniger systematische Untersuchungen. Einen schon etwas älteren Überblick geben Collins & Brown (1988). Darin werden insbesondere Programme beschrieben, die die Aktionen von individuell Lernenden bei der Interaktion mit einem intelligenten tutoriellen System (ITS) aufzeichnen und in visueller Form wiedergeben. Dies erwies sich insbesondere für mathematisches Problemlösen (Algebra, Geometrie, s. z.B. Koedinger & Anderson, 1993) als eine sehr fruchtbare Strategie.

Kommen wir nun zu impliziten Protokollierungstechniken für Gruppenlernsituationen. In einer rezenten Arbeit (Plaisant, Rose, Rubloff, Salter & Shneiderman, 1999) wird die Nutzung von Designhistorien im Kontext des Lernens von Computersimulationen beschrieben. Hier werden Historien auch in einem Gruppenlernszenario eingesetzt, wenn auch nur in einfacher Form: Mitglieder einer Lerngruppe können ihre Historien per e-Mail austauschen und haben die Möglichkeit, diese zu reflektieren/kommentieren. Dieses Szenario wurde auch in einer Pilotstudie mit generell positiven Resultaten evaluiert.

Der DEGREE Ansatz (Barros & Verdejo, 2000) realisiert eine Kombination aus expliziter und impliziter Protokollierung: Lernende klassifizieren in diesem web-basierten System ihre Beiträge selbst – entsprechend der expliziten Protokollierung – anhand einfacher pragmatischer Kategorien (Frage, Vorschlag, Antwort, etc.); diese Daten werden aber nicht nur festgehalten, sondern auch automatisch (von einem serverseitigen Programm) weiteranalysiert. Zum Beispiel wird versucht, ausgehend von der Häufigkeit und der Verteilung von individuellen Beiträgen zu Webdiskussionen, Parameter zu berechnen, wie beispielsweise den Grad der Initiative, den ein Gruppenmitglied an den Tag legt, die Elaborationstiefe von Beiträgen oder den Grad der Konformität³. Natürlich liefert die Analyse auch Informationen über die Verteilung von Beiträgen über die Zeit; aus diesen lassen sich auch Kooperationsmuster berechnen, die nun nicht mehr ein Individuum sondern die Gruppe als Ganzes zu charakterisieren erlauben. Das DEGREE System ist in der Lage, bestimmten Benutzern in Abhängigkeit von einstellbaren Kriterien, Rückmeldungen und Empfehlungen zukommen zu lassen (per e-Mail) und so auf identifizierte Defizite zu reagieren.

3. Design als Aufgabe für Lerngruppen

Das Studierende in Design-orientierten Disziplinen - z.B. angehende Architekten, Ingenieure, Modedesigner, Softwareentwickler – in ihrer Ausbildung möglichst viel Erfahrung mit authentischen Designtätigkeiten machen (und diese reflektieren) sollten, versteht sich von selbst (Lahti, Seitamaa-Hakkarainen, & Hakkarainen, 2001; von der Werth & Frankenberger, 1995). Es spricht aber vieles dafür, Designen als allgemein nützliche Lerntätigkeit zu betrachten und auch in anderen, nicht primär auf Designtätigkeiten zielenden Schul- und Ausbildungsfächern einzusetzen. Designen – das Entwerfen von Artefakten – hat allgemeine Eigenschaften, die diese Tätigkeit zu einer reichhaltigen Lernquelle machen.

3.1 Allgemeine Eigenschaften von Designaufgaben

Das Herstellen von – physikalischen wie symbolischen – Artefakten bietet Gelegenheit, ein vertieftes Verständnis für einen Bereich zu entwickeln und dient gleichzeitig als ein Kontext, innerhalb dessen Lernende ihr Verständnis anderen (Lehrenden, Prüfenden, Mitlernenden) demonstrieren können. Dies soll an folgendem Beispiel illustriert werden: Hmelo, Holton, & Kolodner (2000) beschreiben Erfahrungen im Biologieunterricht mit dem Ansatz, Schüler ein physikalisches Modell einer Lunge bauen zu lassen, statt sie mit Lehrerpräsentationen über Aufbau und Funktion der Lunge zu konfrontieren (siehe auch Penner, Lehrer, & Schauble für einen ähnlichen Versuch zum Thema Biomechanik des Ellbogens, 1998). Die Herausforderung für die Schüler besteht in diesem Fall darin, ausgehend von einer relativ abstrakten Beschreibung der *Funktion* der (menschlichen) Lunge eine physikalische *Struktur* zu erzeugen, die in gewissen Grenzen in der Lage ist, das beobachtbare *Verhalten* der Lunge nachzuahmen. Die Schüler sollen – durch den Lehrer unterstützt – im Rahmen dieser Designaufgabe ein vertieftes Verständnis über das komplexe natürliche System Lunge erwerben. Das bedeutet vor allem, dass sie in der Lage sind, Funktion, Struktur und Verhalten dieses Systems aufeinander zu beziehen. Um diesem didaktischen Ziel näher zu kommen, erhalten die Schüler nicht nur Zugang zu Materialien, mit denen sie die künstliche Lunge bauen können, sondern auch Zugang zu Informationsressourcen, darüber, wie Lungen aufgebaut sind und wie sie funktionieren. Zusätzlich lernen sie aber auch Informationen darüber kennen, wie Pumpen allgemein funktionieren. Die Erwartung ist, dass die Schüler bei der Bewältigung der Designaufgabe erkennen, dass sie weiteres Wissen über den Gegenstandsbereich und über allgemeinere physikalische, chemische und physiologi-

³ Solche Parameter lassen sich natürlich nur bestimmen vermittels relativ einfacher Operationalisierungen dieser Begriffe. Voraussetzung ist auch, dass die Eigenschaften der Aufgabe, die ein Learnteam bearbeitet, gut bekannt sind.

sche Zusammenhänge benötigen und sich dieses selbstgesteuert aus Ressourcen (einschließlich dem Lehrer) erwerben. In dieser speziellen Untersuchung wurde die Designaufgabe von Kleingruppen bearbeitet und es gab häufig vom Lehrer moderierte Sitzungen mit der gesamten Klasse, um die in den Kleingruppen gemachten Erfahrungen und Erkenntnisse auszutauschen und zu diskutieren.

Problematische Aspekte dieses Ansatzes liegen auf der Hand: Angefangen bei dem Problem, dass sich die Schüler überfordert fühlen könnten (zur Auswahl von Designproblemen siehe Sadler, Coyle, & Schwarz, 2000), über die Probleme mit der Arbeit in Gruppen und Problemen mit dem Klassenmanagement bis hin zu der Gefahr, dass die Schüler zwar viel tun mögen, dabei aber wenig (transferierbares) lernen könnten. Was sind Gründe, trotz dieser potentiellen und oft manifesten Nachteile dennoch einen *learning-by-design* Ansatz zu empfehlen? Designen ist zum einen eine authentische Aufgabe: sie erfordert von den Lernenden u.a. die Zerlegung einer komplexen Aufgabe in Teilziele, das Formulieren von Fragen, das Suchen in und die Koordination von multiplen Informationsquellen, das Begründen von Entscheidungen, das Überprüfen der Angemessenheit von Lösungsvorschlägen und das Präsentieren von Designlösungen (Hmelo et al., 2000; Perkins, 1986; Spiltunik, Stratford, Krajcik, & Soloway, 1998). Wenn sich Lernende in solchen Prozessen engagieren, wird es sehr wahrscheinlich, dass sie ihr konzeptionelles Verständnis vertiefen: Dies bedeutet insbesondere, dass ihr Wissen über Konzepte umfangreicher ist, dass sie die diversen Konzepte reichhaltiger miteinander verbinden, dass ihr Wissen kohärent ist und problemorientiert strukturiert ist, also letztlich transferierbares Wissen entsteht (Novak & Gowin, 1984; Spiltunik et al., 1998).

Hmelo (2000) argumentiert, dass durch die Designfähigkeit das Verständnis für komplexe Systeme erhöht wird; insbesondere sollte besser verstanden werden, wie Struktur, Funktion und Verhalten eines Systems miteinander zusammenhängen. Ein wichtiger kognitiver Prozess, der zu dieser Verständnisentwicklung beiträgt, dürfte der Zwang zur Um-Repräsentation sein: Funktionale Beschreibungen müssen vom Lernenden in strukturelle „übersetzt“ werden, Beobachtungen über das Verhalten von Artefakt und/oder Original müssen mit strukturellen Merkmalen in Verbindung gesetzt werden. Werden physikalische Artefakte entwickelt, muss eine Beziehung zwischen symbolischen (sprachlichen; mathematischen) Beschreibungen und physikalischer Form und Struktur hergestellt werden. Solche Re-Repräsentationen sind zwar kognitiv aufwendig, aber häufig lernförderlich (van Someren & Reimann, 1995).

Ein wesentlicher Vorteil des Designens zum Verständnis komplexer Zusammenhänge ist, dass der intendierte Verstehensprozess nicht als ein Alles-oder-Nichts Prozess aufzufassen ist, sondern sich schrittweise aus dem iterativen Vorgehen beim Designen entwickelt: Ein System wird zunächst in erster Näherung verstanden. Auf der Basis dieses ersten Verständnisses wird ein Artefakt kreiert, wobei das Verhalten dieses Artefaktes wiederum mit den Anforderungen bzw. dem Verhalten des „Originals“ verglichen wird. Abweichungen werden dabei auf strukturelle Defizite zurückgeführt, wodurch sich ein tieferes Verständnis ergibt, auf dessen Basis ein modifiziertes Artefakt entwickelt wird. Dieses kann nun wiederum getestet werden. Dadurch gewinnt das, was man oft nur etwas nebulös als „Verstehen“ eines Sachverhaltes bezeichnen kann, an Konkretheit: das Verständnis wächst schrittweise anhand der Designiterationen. Typischerweise gehen Designer auch so vor, dass sie Entwürfe auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen entwickeln: Zunächst ein Grobkonzept mit den zentralen Komponenten, später Detailkonzepte. Für das Lernen heißt das: komplexe Zusammenhänge brauchen nicht unbedingt alle auf einmal verstanden werden.

Hinzu kommt, dass durch die Designfähigkeit externe Repräsentationen (in Form physikalischer oder symbolischer Artefakte) entstehen. Dadurch wird nicht nur das Gedächtnis entlastet, der Designentwurf erleichtert es auch, sich seine Ideen in diesem ent-äußerten Zustand kritisch anzusehen und auf Fehler hin zu analysieren. Durch die Externalisierung wird es auch wesentlich einfacher (im Vergleich zu rein mentalen Repräsentationen), eigene Vorstellungen anderen mitzuteilen und in einen Diskurs zu diesen Vorstellungen einzutreten. Insbesondere wird es einfacher, den Diskurs zu „grounden“ (Clark & Brennan, 1991), also Einigkeit zwischen den Gesprächspartnern darüber zu schaffen, was mit einem Begriff gemeint ist. Zudem wird es wesentlich einfacher, Referenzen („hier oben“, „da unten“) aufzulösen. Zusätzlich wird die Kommunikation schneller, weil man Dinge nicht vollständig beschreiben muss, sondern durch Zeigen darauf den Kontext herstellen kann.

Wegen ihrer authentischen und offenen Natur haben Designaufgaben eine hohe motivierende Wirkung. Wenn man sie in Gruppen bearbeitet, ergeben sich darüber hinaus natürliche Formen der Arbeitsteilung (statt der manchmal aufgesetzt wirkenden Rollenverteilung, die vielen anderen Formen kollaborativen Lernens eigen ist).

Angesichts der genannten Potentiale ist es nicht verwunderlich, dass „learning-by-design (LBD)“ zunehmend häufiger eingesetzt wird. Diese Entwicklung wird durch die Möglichkeiten neuer Technologien noch verstärkt, da neben dem Designen physikalischer Objekte nun auch das Design symbolischer Modelle leicht möglich wird.

So treten neben Haus- und Flugzeugmodellen nun auch mathematische Simulationsmodelle (Spiltunik et al., 1998), hypermediale Informationsstrukturen (Lehrer, 1993) und grafische Simulationsmodelle auf (Rohr & Reimann, 1998). Die Spannweite von LBD Szenarien soll anhand von zwei sehr unterschiedlichen Realisierungen illustriert werden.

3.1.1 Design als grafische Modellbildung: CoSim

Wir (Rohr & Reimann, 1998; Sumfleth & Hollstein, 2000) haben einen didaktischen Ansatz und ein dazu notwendiges Programm⁴ entwickelt, um Schülern die Teilchenvorstellung des Aufbaus von Materie näher zu bringen. Das Teilchenmodell spielt im naturwissenschaftlichen Unterricht als Grundlage für das Erlernen chemischer Konzepte eine zentrale Rolle. In zahlreichen Untersuchungen der letzten Jahre und Jahrzehnte zeigt sich sehr deutlich, dass das Erlernen und der Umgang mit dem Teilchenmodell für Schülerinnen und Schüler mit großen Schwierigkeiten verbunden ist (z.B. Brook & Driver, 1989). Im Rahmen des europäischen Sokrates-Projektes „CoSim“ (Collaborative use of Simulation) wurde eine Lern- und Simulationsumgebung (L.E.S.P.) entwickelt, welche die Aneignung des Teilchenkonzepts durch die Möglichkeit der aktiven Entwicklung eigenständiger Modellkonstrukte durch die Lernenden selbst unterstützt.

Abbildung 1 zeigt die Arbeitsumgebung, die L.E.S.P. den Schülern zur Verfügung stellt. Auf ihr lassen sich unterschiedliche Objekte (z.B. Gefäße) und grafische Repräsentationen für Partikel platzieren. Die Partikel lassen sich mit unterschiedlichen Parametern (Geschwindigkeit, Masse) versehen. Darüber hinaus sind für das gesamte System Parameter (z. B. Schwerkraft und Temperatur) einstellbar. Ist ein Teilchenszenario ausreichend spezifiziert, lässt sich sein Verhalten grafisch simulieren.

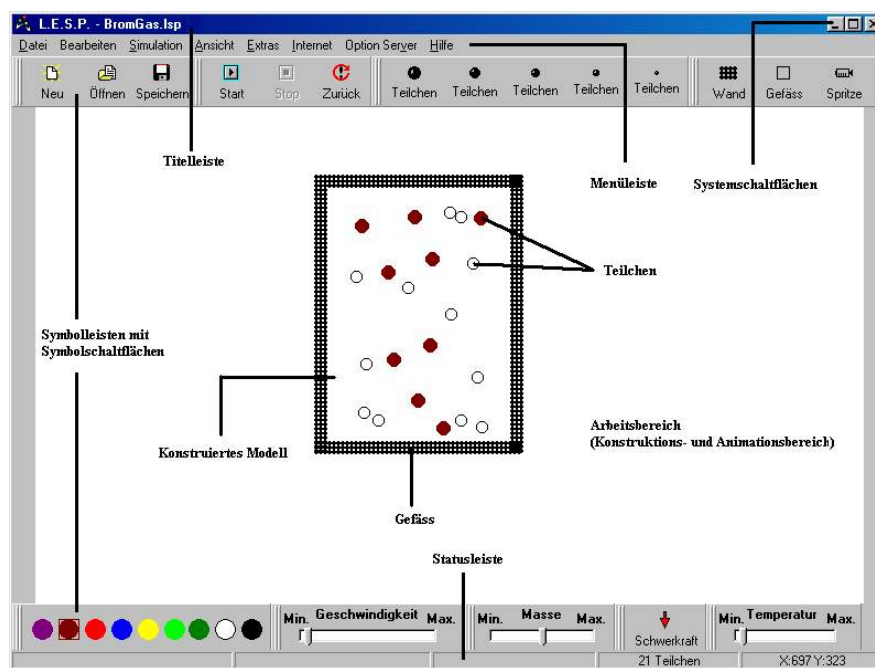


Abbildung 1: Die Arbeitsfläche von LESP.

Eine typische Anwendungssituation im Chemieunterricht sieht so aus, dass Schüler zunächst ein „echtes“ Chemieexperiment durchführen oder vorgeführt bekommen und danach versuchen sollen, mit Hilfe von L.E.S.P., diesen Versuch nachzustellen. Bei dieser Designaufgabe müssen die Schüler über die durch den Realversuch gegebene Information hinaus gehen, da sie in der L.E.S.P. Simulation auch theoretische Größen – die Partikel – spezifizieren müssen. Das didaktische Szenario, in das L.E.S.P. Simulationen eingebettet sind, sieht vor, dass Schüler ihre Teilchenmodelle iterativ weiter entwickeln und ihre Modelle gegenseitig analysieren und diskutieren.

⁴ L.E.S.P. ist freeware. Mehr Information dazu sowie Bezugsquellen unter <http://paeps.psi.uni-heidelberg.de/cosim/>.

ren. Die Kommunikation kann dabei auch über eine integrierte e-Mail Funktion erfolgen⁵. Bei der Analyse von Modellverhalten werden Schüler durch eine Reihe zusätzlicher Werkzeuge unterstützt, z. B. der Abbildung des Pfades, den Teilchen einschlagen oder Geschwindigkeitsdiagrammen.

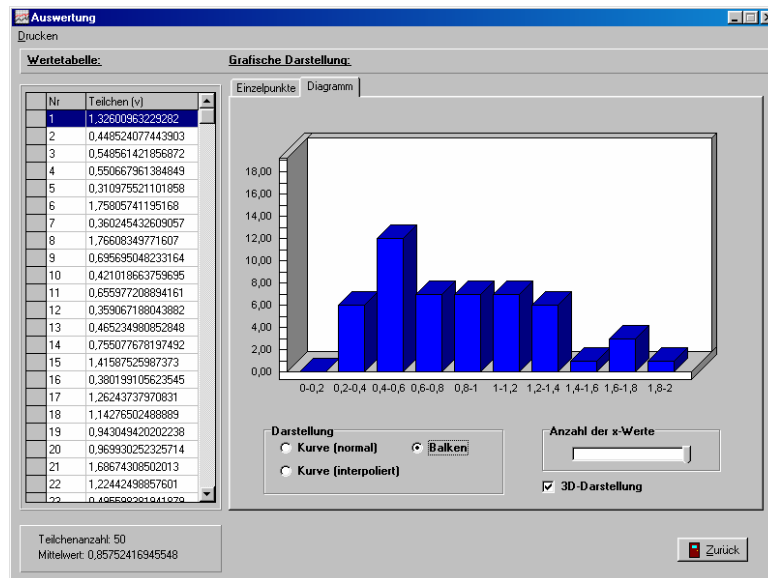


Abbildung 2: Geschwindigkeitsdiagramm zur Analyse des Modellverhaltens.

LESP wurde in einer Reihe von Schulklassen eingesetzt und teilweise evaluiert (leider war der Vergleich mit Kontrollgruppen dabei nicht möglich.) Es zeigte sich u.a., dass das Arbeiten mit L.E.S.P. insbesondere bei Schülern, die über wenig Vorwissen verfügten, zu deutlichen Lerngewinnen führte.

L.E.S.P. ist ein typischer Vertreter einer Klasse von Designumgebungen, in denen Lernende *dynamische Modelle* entwickeln, um einen Einblick in komplexe Sachverhalte zu gewinnen. Ohne die Hilfe von Computermodellen sind komplexe Systeme auch für Experten häufig nicht zu explorieren. Neben dem Effekt, dass Lernende die Beziehungen zwischen Systemkomponenten besser verstehen lernen, können sie auch Einblick erhalten in den Wert von Modellen als Werkzeug der Erkenntnisgewinnung (Perkins, 1986). Es gibt keinen prinzipiellen Unterschied zwischen den Modellierungswerkzeugen, die man heute Schülern und Studenten an die Hand geben kann, zu solchen, die von Wissenschaftlern genutzt werden. Neben graphischen Simulationen (s.a. Edelson, 1998) werden häufig mathematische Modellierungswerkzeuge wie Stella© oder Powersim© in der Lehre eingesetzt, um systemisches Verhalten zu modellieren (Spiltunik et al., 1998).

3.1.2 Informationsdesign

Eine Designaufgabe ganz anderer Art entwickelten wir im Rahmen eines von der DFG geförderten Projektes zur Wahrnehmung und Beurteilung von Umweltrisiken. Didaktisches Ziel war es, bei Laien das Wissen über den Einfluss von Ölverschmutzungen auf die Meeresökologie zu vergrößern. Lernende übernahmen in diesem Programm die Rolle eines Redakteurs einer Zeitung, der sukzessive verschiedene Pressemeldungen über ein vermeintliches Ölunfall auf seinem Faxgerät erhält und über diesen Vorfall einen Kommentar zu verfassen hat. Um diesen Kommentar verfassen zu können, besteht eine der Hauptaufgaben eines Lernenden darin, entsprechende Informationen auf deren Wahrheitsgehalt zu überprüfen sowie nach weiteren Informationen zu recherchieren. Als Informationsquellen dienten dazu ein „virtuelles“ Telefon mit der Möglichkeit, sich die Meinungen „fiktiver“ Experten über die Problematik Meer und Öl aus unterschiedlichen Instanzen anzuhören und ein umfangreiches Hypertextsystem mit Hintergrundinformationen sowie tatsächlichen Zeitungsberichten zu Ölkatastrophen der letzten zehn Jahre.

Inspiriert war unser Ansatz durch Arbeiten von Roger Schank und Mitarbeitern zu *Goal-Based Scenarios* (Schank, 1994; Schank, Fano, Bell & Jona, 1994). Im GBS-Ansatz wird der Lernende aktiv in ein simuliertes

⁵ Modelle werden auf Wunsch auf einen Knopfdruck hin als eMail-Anhang gepackt, versandt, und entfalten sich am Zielort automatisch: Voraussetzung ist dabei, dass der L.E.S.P. Client auch auf dem Zielrechner installiert ist.

Geschehen einbezogen, die eigentliche Wissensvermittlung findet dabei durch das Bewältigen einer im Szenario vorgegebenen Zielaufgabe statt. Bei der Entwicklung eines GBS ist einer der bedeutendsten Aspekte die realitätsnahe Abbildung der Komplexität eines zu vermittelnden Bereiches. Durch diese Abbildung der Realität inklusive der dabei enthaltenen richtigen und falschen Entscheidungsalternativen auf Seiten des Lernenden wird eine motivierende und dynamische Lernumgebung geschaffen.

Wir haben unseren Ansatz mit einem reinen Hypertextsystem und einem Tutoriellen Lernprogramm verglichen, die exakt die gleichen textuellen Informationen vermitteln sollten, durchgeführt (z. B. Zumbach & Reimann, 1999). Als abhängige Maße wurden dabei der Erwerb von Fakten- sowie Zusammenhangswissen, die motivationale Haltung, und die themenbezogene Argumentationskompetenz erhoben. Es zeigte sich in einer Untersuchung mit 60 Versuchspersonen, dass alle Programme einen signifikanten Zuwachs an strukturellem Wissen bedingten, wobei das GBS im Nachtest zu einem signifikant besseren Ergebnis als die beiden anderen Programme führte. Bei den motivationalen Parametern konnte gezeigt werden, dass durch die Wissensvermittlung nach dem GBS-Ansatz eine intrinsisch motivierte Auseinandersetzung mit dem Programm erhalten werden konnte, während in den beiden anderen Lernumgebungen eine signifikante Abnahme resultierte. Auch im Bereich der Argumentationsqualität resultierten deutliche Unterschiede aus der Art der Programmgestaltung: Die Gruppe, die mit dem GBS arbeitete, zeigte eine ausgewogenere und rationalere Argumentation.

3.2 Effektivität und Probleme des Learning-by-Design Ansatzes

Die Effektivität des LBD Ansatzes ließ sich in einer Reihe von Arbeiten nachweisen, z.B. für die Ausbildung von Ingenieuren (Gal, 1996; Lahti et al., 2001), aber auch für schulische Fächer wie Mathematik (Kafai, 1994), Naturwissenschaften (Penner et al., 1998; Roth, 1996; Spiltunik et al., 1998) und Gesellschaftskunde (Schank, 1994).

Das soll nicht heißen, dass der LBD Ansatz nicht auch mit Problemen zu kämpfen hätte. Zum Beispiel schildert Hmelo (2000), dass es in dem oben schon beschriebenen Klassenzimmerversuch zum Design von künstlichen Lungen nicht gelang, die iterative Natur des Designens zu realisieren; die Schüler und Schülerinnen waren vielmehr mit ihrem ersten Entwurf einer Lunge zufrieden und strebten nicht danach, dieses erste Design zu verbessern. Dies lag im Wesentlichen daran, dass der Designprozess in diesem Fall recht langwierig war und somit die Zeit für iteratives Designen nicht mehr vorhanden war. Dies mag ein logistisches Problem sein, aber gerade diese Art von Problemen ist für den Einsatz in Schulklassen nicht trivial.

Ein prinzipielles Problem des Learning-by-design Ansatzes ist das Verhältnis zwischen Designen als (individuelle oder kollaborative) Tätigkeit und dem intendierten Wissenserwerb. Wenn man Designaufgaben im natur- oder sozialwissenschaftlichen Unterricht einsetzt, geht es in erster Linie nicht um das Designergebnis, sondern um die quasi als Seiteneffekt der Tätigkeit erwünschten Lerneffekte. Häufig werden Designaufgaben primär wegen des bekannten hohen Motivierungseffektes eingesetzt. Lernen kann sich aber in größerem Umfang nur dann einstellen, wenn die Lernenden von ihrer Designaktivität abstrahieren und wenn sie die in der Designsituation enthaltenen Lernangebote auch nutzen. Zum Beispiel ist es nicht im Sinn einer instruktionellen Designaufgabe, dass die darin involvierten Lerner nur daran interessiert sind, die Aufgabe möglichst schnell zu bewältigen und als Folge daraus dann davon absehen, weitere Informationsressourcen einzubeziehen und/oder ihre eigene Tätigkeit zu reflektieren.

Ein weiteres Problem liegt in der Produktorientierung: Individuen wie Gruppen sind zufrieden, wenn das fertige Design die funktionalen Anforderungen erfüllt. Als Lernquelle sind fertige Designs aber nicht unbedingt informativ: Die Endprodukte von Designprozessen besagen nur noch wenig über den Designkontext und –prozess (Roth, 2001, S. 216). Verwendet man Designaufgaben in der Absicht, Lernen anzuregen und Wissenserwerb zu fördern, kommt man nicht umhin, den *Prozess* des Designens mitzuverfolgen, bis zu einem gewissen Grad zu dokumentieren und zum Gegenstand von Reflektionsprozessen zu machen.

Eine Antwort auf diese Problematik ist die, Designs von Lerngruppen anfertigen zu lassen, da dies die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass Designs nicht nur entwickelt werden, sondern dass über diese auch gesprochen und argumentiert wird. Kommunizieren die Teilnehmer von Lerngruppen darüber hinaus primär netzbasiert, wird es leichter, den Designprozess mitzuverfolgen und festzuhalten.

4. Anregung von Reflexion durch Widerspiegelung von Design- und Gruppenaktivitäten

In unserer aktuellen eigenen Arbeit streben wir an, in Kleingruppen, die als *Learning Communities* geformt sind und an Designaufgaben arbeiten, Reflexion dadurch zu fördern, dass wir den Gruppenmitgliedern Informationen

aus unterschiedlichen (implizit erhobenen) Protokollen am Schirm zur Verfügung stellen. Das Projekt thematisiert einen der klaren Vorteile jedweder netzbasierter Interaktion, nämlich die prinzipiell gegebene Möglichkeit der *Aufzeichnung* der Interaktionen und die damit sich eröffnenden Möglichkeiten der *Nutzung* dieser Aufzeichnungen für pädagogische Zwecke. Es wird untersucht, wie sich der Austausch auf der Sachebene sowie auf der Interaktionsebene zwischen Mitgliedern netzbasierter Lerngruppen pädagogisch sinnvoll aufzeichnen und wiedergeben lässt und welche Effekte diese Widerspiegelung des Arbeits- und Gruppenprozesses auf die Gruppe insgesamt und die individuellen Mitglieder hat. Aufgrund der Art der Aufgabenstellung (Designprobleme) und der strukturellen Nähe von *learning communities* zur projektorientierten Teamarbeit erwarten wir von dieser Forschung auch Implikationen für die Gestaltung der Kommunikation in netzbasierten Arbeitsteams.

Entsprechend der TIP Theorie von McGrath (1991) gehen wir dabei davon aus, dass Kleingruppen simultan mehrere Funktionen zu erfüllen trachten: Die Arbeit an der gemeinsamen Aufgabe (*production function*), die Aufrechterhaltung der Gruppenbinnenstruktur (*group well-being*), sowie die Unterstützung einzelner Mitglieder (*member-support*). Unsere Protokollierung erfasst in erster Linie die Arbeit an der Aufgabe und die Gruppeninteraktion, so dass wir den Mitgliedern bezüglich dieser beiden Gruppenfunktionen Rückmeldungen anbieten können.

Die Designaufgabenstellung, die unsere Probanden bearbeiten, stammt aus dem Bereich des Informationsdesigns. Sie besteht darin, einen vorgegeben linearen Text in entsprechende bildschirmgerechte kohärente Teiltex-te aufzugliedern, diese mit angemessenen Überschriften zu versehen und eine Gesamtnavigation aus diesen einzelnen Teiltex-ten zu erstellen. Ziel dieser Aufgabenstellung ist es letztlich, den vorgegebenen linearen Text in einen instruktionellen Hypertext umzuwandeln. Wie bei den meisten Designproblemen gibt es auch für diese Aufgabe keine eindeutige Lösung. Übergreifendes Lernziel ist, dass die Probanden Prinzipien des Informationsdesigns kennen und anwenden lernen. Neben der Designaufgabe haben sie dazu Zugriff auf Informationen zum Thema Text- und Bildschirmgestaltung.

Um die Bearbeitung der Aufgabe in einer netzbasierten Umgebung zu ermöglichen, nutzen wir das in Kooperation mit Martin Mühlenbrock und Ulrich Hoppe vom Fachbereich Informatik der Universität Duisburg entwickelte Werkzeug „Easy Discussing“. Das in Java geschriebene Werkzeug ermöglicht das synchrone Arbeiten in einem geteilten Arbeitsfeld (Abbildung 3). Die Lernenden können durch einfaches „drag & drop“ Karteikartensymbole, die einzelne Knoten bzw. Bildschirmansichten des zu erzeugenden Hypertextsystems repräsentieren, in einem geteilten Arbeitsbereich erzeugen, editieren, mit Navigationspfaden versehen und eine globale Gesamtstruktur erstellen.

Entsprechende Interaktionen in Form von Diskussionen, Entscheidungen, Fragen etc. können hierbei entweder in dem eigens dafür konzipierten chat-Werkzeug (am Schirmrand rechts in Abbildung 3) oder durch entsprechende Annotations-Karten im geteilten Arbeitsbereich vorgenommen werden. Die Annotationskarten sind dabei an die Ibis-Notationsweise (Conklin, 1993) angelehnt.

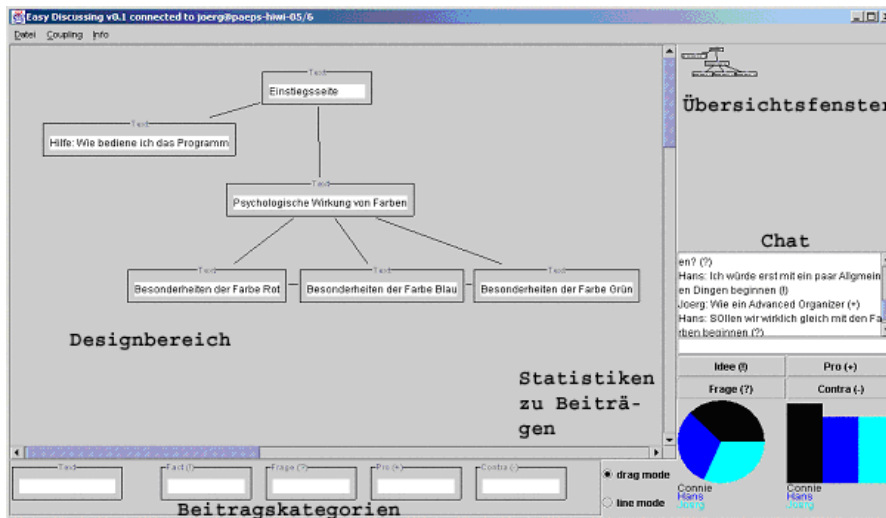


Abbildung 3: Die zwischen den Gruppenmitgliedern geteilte Arbeitsfläche Easy-Discussing

Easy-Discussing stellt nicht nur eine Kollaborationsplattform zur Verfügung, sondern auch weitreichende Möglichkeiten zur Aufzeichnung und Analyse der Aktionen der Teilnehmer. Basis für die Analyse bietet die Replikationsarchitektur von *Easy-Discussing*; es handelt sich dabei nämlich nicht einfach um eine geteilte Applikation, sondern jeder Teilnehmer verfügt auf seinem Arbeitsplatz über eine jeweils eigenständige und vollständige Kopie des geteilten Arbeitsbereichs. Diese Kopien werden - für den Benutzer unsichtbar - im Hintergrund ständig synchronisiert, wobei die jeweiligen Kopien Nachrichten untereinander über die Veränderungen, die im Arbeitsbereich vollzogen wurden, austauschen⁶. Diese Nachrichten kann man aufzeichnen und erhält so ein vollständiges Protokoll der Interaktionen.

Die aufgezeichneten Nachrichtenströme lassen sich begleitend zu Kollaborationsepisoden oder zu späteren Zeitpunkten weiter analysieren. Hierbei ist von großem Vorteil, dass man in der von Mühlenbrock und Hoppe (z. B. Mühlenbrock & Hoppe, 1999) entwickelten Architektur das jeweilige Protokoll flexibel definieren kann. Man definiert also zunächst die elementaren Bestandteile eines Protokolls (in unserem Falle sind das „Karten“ verschiedenen Typs sowie nicht weiter typisierte Chat-Beiträge), die Relationen, die zwischen diesen Bestandteilen bestehen können sowie die Aktionen, die der Benutzer auf diesen Objekten und Relationen ausführen kann. Das Protokoll beschreibt dann nicht mehr Veränderungen von Pixels, sondern beschreibt die Veränderungen auf der Arbeitsfläche in Termini des definierten Protokolls.

Auf der Basis solch eines Basisprotokolls, in dem sozusagen die Ontologie der geteilten Anwendung festgelegt wird, lassen sich nun weitere, abstraktere Prozesse beschreiben. Zum Beispiel könnte man zwei aufeinanderfolgende Basisoperationen, in denen Teilnehmer 1 zunächst eine Verbindung zwischen zwei Karten herstellt und Teilnehmer 2 diese anschließend löscht ...

1. (verbindet, Akteur_1, Karte_1, Karte_2, Verbindungstyp_1)
2. (löscht, Akteur_2, Karte_1, Karte_2, Verbindungstyp_1)

... interpretieren als „Konflikt“. Da Hoppe und Mitarbeiter Schnittstellen zwischen Kollaborationsprogrammen wie *Easy Discussing* und (in Prolog geschriebenen) Analyseprogrammen entwickelt haben, lässt sich die Identifikation solcher abstrakter Muster auch automatisch erledigen. Die Architektur wird vervollständigt durch eine Aktionskomponente: Nicht nur Menschen, auch Programme können Nachrichten generieren, die Aktionen auf der Arbeitsfläche entsprechen. So kann man z.B. Rückmeldungen, Warnungen oder Hilfetexte auf die Arbeitsfläche einspielen und Objekte manipulieren.

⁶ Dadurch wird es – im Gegensatz zu *shared applications* wie NetMeeting™ - ganz einfach möglich, dass sein ein Teilnehmer einmal aus der Interaktion „ausklinkt“, für sich „privat“ seinen Arbeitsbereich verändert, und zu einem beliebigen Zeitpunkt wieder „einklinkt“. Der Mechanismus im Hintergrund synchronisiert die Arbeitsflächen automatisch wieder miteinander. Bei solchen replizierten Architekturen ist der Unterschied zwischen synchroner und asynchroner Kommunikation weniger streng.

Wir setzen diese Methode der *aktionsbasierten Kollaborationsanalyse* ein, um Designaktivitäten und Diskursaktivitäten zwischen den Teilnehmern im Detail mitverfolgen zu können und daraus Protokolle unterschiedlichen Abstraktionsgrades zu erzeugen. Diese Informationen werden den Gruppenmitgliedern dann wieder zugänglich gemacht, sozusagen „widergespiegelt“, mit der Absicht, sie schnell und übersichtlich über Muster in der Aufgabenbearbeitung und der Gruppeninteraktion zu informieren. Wir wollen in zukünftigen empirischen Studien analysieren, ob und wie Gruppen solche Informationen zur Optimierung ihres Vorgehens nutzen bzw. wie die Informationsdarstellung gestaltet sein muss, damit solche Informationen genutzt werden.

Über die Unterstützung der Materialproduktion hinaus bietet *Easy Discussing* die Möglichkeit, eine quantitative Analyse der Beiträge der einzelnen Lernenden einer Gruppe in Echtzeit vorzunehmen und entsprechendes direktes Feedback in Form der visualisierten absoluten und relativen Beitragsverhalten zu geben. Diese Funktionalität ermöglicht es, bei entsprechendem abweichendem Verhalten einzelner Lernender in der Gruppe (z. B. übertriebenes Beitragsverhalten i.S.v. „spamming“ oder mangelndes Beitragsverhalten i.S.v. „social loafing“) dieses zu identifizieren, Gründe dafür auszumachen und ggf. entsprechend auf Gruppenebene zu intervenieren. In Abbildung 5 ist rechts unten ein kleines Beispiel für diese Funktionalität zu sehen.

Mit der aktionsbasierten Kollaborationsanalyse verfolgen wir in erster Linie die Arbeit an der Aufgabe (*production* Aspekt in den Worten von McGrath). Mit dem Verlust der audio-visuellen Kommunikation ergeben sich weitere Probleme der Interaktion, die sich substantiell auf das *well-being* der Gruppe auswirken können. Während in *face-to-face* Situationen Gesichtsausdruck, Intonation und Prosodie als wichtige Ressourcen zur interpersonellen Kommunikation herangezogen werden können, ist dies bei weniger reichhaltigen Informationskanälen nicht mehr möglich. Sogenannte *emoticons* haben sich in der chat- und eMail-Kommunikation inzwischen zwar als Ersatz etabliert (vgl. Döring, 1999), aber das ist natürlich nur ein schwacher Ersatz. Neben der Unmittelbarkeit des Ausdrucks fehlt bei emoticons die zeitliche Dynamik – sie ändern sich nicht automatisch, wenn sich die Stimmung ändert.

Aus diesen Gründen steht in unserer Lernumgebung eine weitere Diagnosekomponente zur Verfügung. In einem festgelegten Zeitintervall wird jeder Lernende individuell mittels einer Kurzskala nach der jeweiligen Motivationen und der Gruppenzufriedenheit befragt (Abbildung 4).

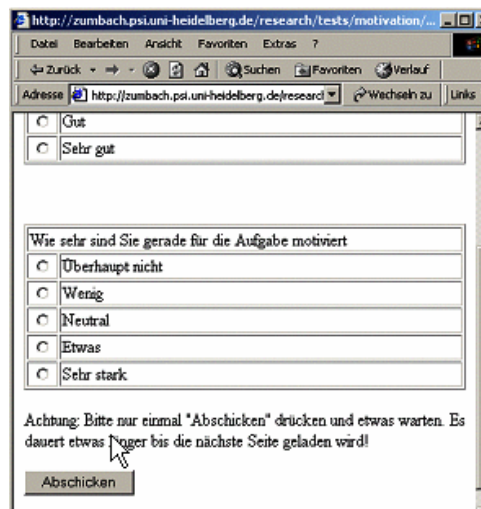


Abbildung 4: Abfragen zu Stimmung und Motivation über Webformulare

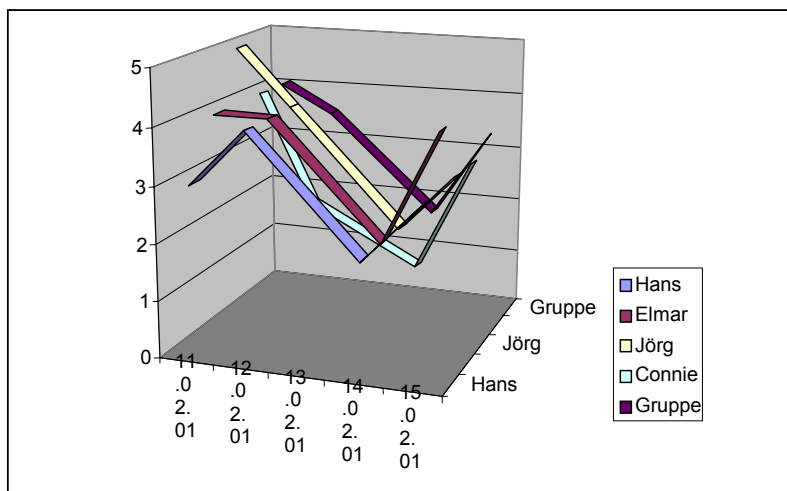


Abbildung 5: Grafische Darstellung der Formularabfragen für alle Mitglieder eine Gruppe

Die Ergebnisse dieser Befragung werden der gesamten Kleingruppe in visualisierter Form zurückgemeldet. Auf diese Weise können etwaige aufkommende Unzufriedenheiten oder Probleme im kollaborativen Lernprozess schon frühzeitig identifiziert und ggf. kompensiert oder aus dem Weg geräumt werden (vgl. Abbildung 5).

Gegenwärtig finden erste Pilotstudien mit dieser Lernumgebung statt. Zentrales Ziel ist dabei die Untersuchung der Wirksamkeit entsprechender Komponenten zur Aufzeichnung und direkten visualisierten Rückmeldung von Interaktion und motivational-emotionalen Parametern.

5. Schlussbetrachtungen

Wir haben in diesem Beitrag lerntheoretische Argumente und empirische Evidenz zusammengetragen, die begründen, warum Elemente des Designs/der Konstruktion, der Kollaboration und der Reflexion wichtige Faktoren bei der Gestaltung von Lernarrangements sein sollten. Idealerweise stehen diese Elemente nicht isoliert nebeneinander, sondern werden aufeinanderbezogen: Design- und Konstruktionsaufgaben sind wegen ihrer Authentizität und Konkretheit motivierend; ihre Bewältigung erfordert eine vertiefte, verständnisorientierte Auseinandersetzung mit einem Gegenstandsbereich. Um diese Potentiale zu nutzen, müssen Lernende parallel zu ihren Designtätigkeiten aber ihr Bereichsverständnis und ihr Problemlöseverhalten selbstkritisch reflektieren. Dies fällt in Situationen kollaborativen Arbeitens und Lernens leichter als unter Bedingungen individuellen Wissenserwerbs. Beim Lernen in Kleingruppen entstehen zwar automatisch viele Gelegenheiten zur Analyse und Reflektion, aber diese werden nicht unbedingt spontan von Gruppenmitgliedern genutzt. Zudem entstehen durch die Interaktion mit anderen weitere Anforderungen (Kommunikationskosten, Konfliktmanagement, etc.), die nicht per se lernförderlich sind. Wir haben daher Beispiele für Ansätze aufgezeigt, wie man netzbasierte Gruppen bei der Reflektion ihrer Arbeit an den Aufgaben (*production*) und der Reflektion der Gruppenprozesse (*well-being*) unterstützen kann.

Aus dem Überblick über die aktuelle Forschungen ergeben sich eine ganze Reihe von *Forschungsdiesideraten* (siehe hierzu: Hesse, Hoppe & Mandl, 1999 sowie Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1999):

- *Learning communities* als Lerngruppenformat sind im Vergleich zu didaktisch strukturierteren Varianten wenig untersucht. U.a. wegen ihrer Nähe zu außerschulischen Arbeitsformen (z.B. der projektorientierten Teamarbeit) und zu Enkulturationsprozessen am Arbeitsplatz (*communities of practice*) verdient diese Form des Gruppenlernens aber mehr Aufmerksamkeit;
- Dass externe Repräsentationen, Werkzeuge und Artefakte das Lernen in Gruppen unterstützen, ist allgemein anerkannt. Welche exakt die lernfördernden Funktionen externer Repräsentationen sind und wie sie in Lern- und Problemlöseprozessen eingesetzt werden, ist noch nicht im Detail bekannt.
- In der pädagogischen Forschung zu netzbasiert lernenden Kleingruppen dominieren wissenschaftliche Entdeckungsaufgaben; andere Aufgabentypen, insbesondere die in vielen Arbeitstätigkeiten vorkommenden Design- und Entscheidungsprobleme, sind noch relativ wenig erforscht;
- Der Einfluss des Widerspiegels von Problemlöse- und Interaktionshistorien auf Lern- und Interaktionsprozesse ist für netzbasierte Gruppen kaum thematisiert worden, obwohl die Bedeutsamkeit reflektierenden Vorgehens häufig betont wird.

Ein weiterer Forschungsbereich, der nicht nur aus Sicht der psychologischen Grundlagenforschung wichtig ist, ist die Analyse der Beziehungen zwischen Lerngruppen – insbesondere *learning communities* – einerseits und Arbeitsteams, Projektgruppen und Wissensgemeinschaften (*communities of practice*) andererseits. Dadurch könnte eine Brücke geschlagen werden zwischen *Formen* der (Hoch-)Schullehre und modernen Formen des Arbeitens (und Forschens).

Danksagungen

Diese Arbeit wurde durch eine Projekt-Förderung der DFG (RE 814/11-1) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Netzbasierte Wissenskommunikation in Gruppen“ unterstützt. Wir danken unseren Kooperationspartnern Prof. Ulrich Hoppe und Dr. Martin Mühlenbrock der Universität Duisburg sowie Herrn Johann Pixner und Frau Miriam Weinel für ihre Unterstützung.

6. Literatur

- Appelt, W. & Mambrey, P. (1999) Experiences with the BSCW Shared Workspace System as the Backbone of a Virtual Learning Environment for Students. Paper presented at the Ed-Media/Ed-Telekom conference in Freiburg, Germany, 1999.
- Arias, E. G., Eden, H., Fischer, G., Gorman, A. & Scharff, E. (1999). Beyond access: Informed participation and empowerment (pp. 20-32).. In C. Hoadley (Ed.), Proceedings Computer Support for Collaborative learning. Palo Alto, Dec. 1999.
- Ballstaedt, S.-P. (2000). Wissensaufbereitung für den Bildschirm. Kursunterlage des Kompetenzzentrums für Multimedia und Telematik (KMMT). Tübingen: DIFF.
- Barros, B. & Verdejo, M. F. (2000). Analysing student interaction processes in order to improve collaboration. The DEGREE approach. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 11, 221-241.
- Bielaszyk, K. & Collins, A.M. (2000). Learning communities in classrooms: A reconceptualization of educational practice. In C.M. Reigeluth (Ed.), Instructional design theories and models (pp. 269 - 292). Mahwah, NJ: Erlbaum
- Boos, M. & Cornelius, C. (1996). Thematische Kohärenz. Anleitung zur Kodierung der Themenentwicklung in Gesprächen. Universität Göttingen: IWSA Arbeitsbericht 1996/1.
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (1999). How people learn: Brain, mind, experience, and school. Washington, DC, USA: National Academy Press.
- Brook, A. & Driver, R. (1989). The development of pupil's understanding of physical characteristics of air, across the age range 5-16 years. Children's Learning in Science Project: Centre for Studies in Science and Mathematics Education Leeds.
- Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. Educational Research, 18, 32-42.
- Buckingham Shum, S. (1997). Balancing Formality with Informality: User-Centred Requirements for Knowledge Management Technologies, AAAI Spring Symposium on Artificial Intelligence in Knowledge Management (Mar. 24-26, 1997), Stanford University, Palo Alto, CA. AAAI Press.
- Ching, C. C. (1999). "It's not just programming:" Reflection and the nature of experience in learning through design. Paper presented at the Computer Support for Collaborative Learning (CSCL) 1999, Stanford, CA.
- Clark, H. H. & Brennan, S. E. (1991). Grounding in communication. In L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.), Perspectives on socially shared cognition (pp. 127-149). Washington: American Psychological Association.
- Cohen, E. G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. Review of Educational Research, 64, 1-35.
- Collins, A. & Brown, J.S. (1988). The computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandl & A. Lesgold (Eds.), Learning issues for intelligent tutoring systems (pp. 1-18). New York: Springer.
- Conklin, E. J. (1993). Capturing organizational memory. In R. M. Baecker (Ed.), Groupware and computer-supported cooperative work (pp. 561-565). San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Conklin, J. & Begemann, M. L. (1989). GIBIS: A tool for all reasons. Journal of the American Society for Information Science, 5, 200-213.
- Cox, R. & Brna, P. (1995). Supporting the use of external representations in problem solving: the need for flexible learning environments. Journal of Artificial Intelligence in Education, 6 (2/3), 239-302.
- de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. Review of Educational Research, 68, 179-202.
- Dillenbourg, P. & Traum, D. (1996). Grounding in multi-modal task-oriented collaboration. Paper presented at the European Conference on AI in Education, Lisboa, Portugal.
- Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A. & O'Malley, C. (1995). The evolution of research on collaborative learning. In P. Reimann & H. Spada (Eds.), Learning in humans and machines: towards an interdisciplinary learning science (pp. 189 - 211). Oxford: Elsevier.
- Doise, W. (1978). Group and individuals: Explanations in social psychology. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Doise, W. & Mugny, G. (1984). The social development of intellect. Oxford: Pergamon.
- Edelson, D. (1998). Realising authentic science learning through the adaptation of scientific practice. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), International Handbook of Science Education (pp. 317-331). Dordrecht: Kluwer.
- Edelson, D.C. & O'Neill, D.K. (1994). The CoVis collaborative Notebook: Supporting Scientific Inquiry. Paper presented at NECC '94.
- Edelson, D.C., Pea, R.D. & Gomez, L. (1995). Constructivism in the laboratory. In B.G. Wilson (Ed.), Constructivist learning environments: Case studies in instructional design (pp. 151 - 164). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Fischer, F., Bruhn, J., Gräsel, C. & Mandl, H. (1998). Strukturangebote für die gemeinsame Wissenskonstruktion beim kooperativen Lernen. Universität München, Lehrstuhl f. Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie. Forschungsbericht Nr. 97 (Oktober 1998).

- Fischer, F., Graesel, C., Kittel, A. & Mandl, H. (1996). Entwicklung und Untersuchung eines computerbasierten Mappingverfahrens zur Strukturierung komplexer Information. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 43 (4), 266-280.
- Gal, S. (1996). Footholds for design. In T. Winograd (Ed.), Bringing design to software (pp. 215-227). New York: ACM Press.
- Hesse, F., Hoppe, U. & Mandl, H. (1999). Netzbasierte Wissenskommunikation in Gruppen. Unveröffentlichter DFG Antrag.
- Hinsz, V. B. (1995). Mental models of groups as social systems: Considerations of specification and assessment. Small Group Research, 26, 200-233.
- Hinsz, V. B., Tindale, R. S. & Vollrath, D. A. (1997). The emerging conceptualization of groups as information processors. Psychological Bulletin, 121, 43-64.
- Hmelo, C. E., Holton, D. L. & Kolodner, J. L. (2000). Designing to learn about complex systems. The Journal of the Learning Sciences, 9(3), 247-298.
- Hron, A., Hesse, F. W., Reinhard, P. & Picard, E. (1997). Strukturierte Kooperation beim computer-unterstützten kollaborativen Lernen. Unterrichtswissenschaft, 25, 56-69.
- Jonassen, D. H. & Land, S. M. (Eds.). (2000). Theoretical foundations of learning environments. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kafai, Y. B. (1994). Minds in play: Computer game design as a context for children's learning. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kiesler, S. & Sproull, L. (1992). Group decision making and communication technology. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 52, 96-123.
- Klein, G.A. (1989). Recognition-primed decisions. Advances in Man-Machine System Research, 5, 47-92.
- Koedinger, K.R. & Anderson, J.R. (1993). Reifying implicit planning in geometry: Guidelines for model-based intelligent tutoring system design. In S.P. Lajoie & S.J. Derry (Eds.), Computers as cognitive tools (pp. 15-45). Hillsdale, N.J.: LEA.
- Kolodner, J. (1993). Case-based reasoning. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- Koschmann, T. D. (1994). Toward a Theory of Computer Support for Collaborative Learning. The Journal of the Learning Sciences, 3 (3), 219-225.
- Koschmann, T.D., Myers, A.C, Feltovich, P.J. & Barrows, H.S. (1994). Using technology to assist in realizing effective learning and instruction: A principled approach to the use of computers in collaborative learning. The Journal of the Learning Sciences, 3, 227-264.
- Lahti, H., Seitamaa-Hakkarainen, P. & Hakkarainen, K. (2001). The nature of collaboration in computer supported designing. Paper presented at the CSCL 2001, Maastricht, The Netherlands.
- Lamon, M., Secules, T., Petrosino, A. J., Hackett, R., Bransford, J. D. & Goldman, S. R. (1996). Schools for Thought (SFT): Overview of the project and lessons from one of the sites. In E. Schauble & R. Glaser (Eds.), Innovations in learning (pp. 243-288). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Lehrer, R. (1993). Authors of knowledge patterns for hypermedia design. In S. P. Lajoie & S. J. Derry (Eds.), Computers as cognitive tools (pp. 197-228). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Linn, M.C. and Hsi, S. (2000) Computers, Teachers, Peers: Science Learning Partners. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- McGrath, J. E. (1991). Time, Interaction, and Performance (TIP). A Theory of Groups. Small Group Research, 22, 147-174.
- Moreland, R. L. & Levine, J. M. (1992). Problem identification by groups. In S. Worchel, W. Wood & J.A. Simpson (Eds.), Group process and productivity (pp. 17-47). Newbury Park, CA: Sage.
- Mühlenbrock, M. & Hoppe, U. (1999). Computer supported interaction analysis of group problem solving. In C. Hoadley & J. Roschelle (Eds.), Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning (CSCL 99) (pp. 398-405). Palo Alto, CA.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). Learning how to learn. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Orth, O. & Reimann, P. (2001). Argumentationsverhalten in netzbasierten Gruppen (Manuskript in Vorbereitung). Heidelberg: Psychologisches Institut der Universität Heidelberg.
- Palincsar, A.S. & Brown, A.L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. Cognition and Instruction, 1 (2), 117-175.
- Pea, R. (1993). Practice of distributed intelligence and designs for education. In G. Salomon (Ed.), Distributed cognitions. Psychological and educational considerations (pp. 47-87). New York: Cambridge University Press.
- Pea, R. (1994). Seeing what we build together: distributed multimedia learning environments for transformative communications. The Journal of the Learning Sciences, 3, 285-299.
- Penner, D. E., Lehrer, R. & Schauble, L. (1998). From physical models to biomechanics: A design-based modeling approach. Journal of the Learning Sciences, 7, 429-450.
- Perkins, D. N. (1986). Knowledge as design. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Perkins, D. N. (1999). Teaching and Learning for Understanding. In C. M. Reigeluth (Ed.), Instructional-Design Theories and Models (pp. 91-114). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Plaisant, C., Rose, A., Rubloff, G., Salter, R. & Shneiderman, B. (1999). The design of history mechanisms and their use in collaborative educational simulations. In Ch. Hoadley (Ed.), Proceedings Computer Support for Collaborative Learning (pp. 348-359). Palo Alto, Dec. 1999.
- Reimann, P. (1991). Detecting functional relations in a computerized discovery environment. Learning & Instruction, 1(1), 45-65.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1999). Teamlüge oder Individualisierungsfalle? Eine Analyse kollaborativen Lernens und dessen Bedeutung für die Förderung von Lernprozessen in virtuellen Gruppen. Forschungsbericht Nr. 115, Universität München: Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie (Nov. 1999).
- Rentsch, J. R. & Hall, R. J. (1994). Members of great teams think alike: A model of team effectiveness and schema similarity among team members. Advances in Interdisciplinary Studies of Work Teams, 1, 223-261.
- Rohr, M. & Reimann, P. (1998). Reasoning with multiple representations when acquiring the particulate model of matter. In M. van Someren, P. Reimann, E. Boshuizen & T. de Jong (Eds.), Learning with multiple representations (pp. 41-66). Oxford: Elsevier Science.
- Roth, W.-M. (1996). Art and artifact of children's designing: a situated cognition perspective. Journal of the Learning Sciences, 5, 129-166.
- Roth, W.-M. (2001). Modeling design as situated and distributed process. Learning and Instruction, 11, 211-239.
- Sadler, P. M., Coyle, H. P. & Schwarz, M. (2000). Engineering competitions in the middle school classroom: Key elements in developing effective design challenges. Journal of the Learning Sciences, 9(3), 299-327.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1994). Computer Support for Knowledge-Building Communities. The Journal of the Learning Sciences, 3 (3), 265-283.
- Scardamalia, M., Bereiter, C. & Lamon, M. (1994). The CSILE Project: Trying to bring the classroom into World3. In K. McGilly (Ed.), Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice (pp. 201-228). Cambridge, MA: MIT Press.
- Schank, R. C. (1994). Goal-Based Scenarios: A Radical Look at Education. Journal of the Learning Sciences, 3(4), 429-453.
- Schank, R. C., Berman, T. R. & Macpherson, K. A. (1999). Learning by Doing. In C. M. Reigeluth (Ed.), Instructional-Design Theories and Models (pp. 160-181). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schank, R., Fano, A., Bell, B. & Jona, M. (1994). The Design of Goal-Based Scenarios. The Journal of the Learning Sciences, 3 (4), 305-345.
- Schult, Th. J. & Reimann, P. (2001). Automatisierte Hilfe für das Lernen aus Lösungsbeispielen (Automized support for learning from worked examples.). Unterrichtswissenschaft, 29(1), 64-81.
- Schwartz, D. L. (1999). The productive agency that drives collaborative learning. In P. Dillenbourg (Ed.), Collaborative Learning (pp. 197-218). Oxford: Pergamon.
- Slavin, R.E. (1995). Cooperative learning (2nd ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- Smith, J. B. (1994). Collective intelligence in computer-based collaboration. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Someren, M. van & Reimann, P. (1995). Multi-objective learning with multiple representations. In P. Reimann & H. Spada (Eds.), Learning in Humans and Machines - Towards an interdisciplinary learning science (pp. 130-153). Oxford, England: Elsevier.
- Spilunik, M. W., Stratford, S., Krajcik, J. & Soloway, E. (1998). Using technology to support students' artifact construction in science. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), International Handbook of Science Education (pp. 363-381). Dordrecht: Kluwer.
- Spiro, R.J. & Jehng, J.-C. (1990). Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter. In D. Nix & R.J. Spiro (Eds.), Cognition, education, multimedia. (pp. 163-206). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Stasser, G., Stewart, D. & Wittenbaum, G. M. (1995). Expert roles and information exchange during discussion: The importance of knowing who knows what. Journal of Experimental Social Psychology, 31, 244-265.
- Stasser, B. (1992). Pooling of unshared information during group discussions. In S. Worchel, W. Wood & J.A. Simpson (Eds.), Group process and productivity (pp. 48-67). Newbury Park, CA: Sage.
- Sumfleth, E. & Hollstein, A. (2000). Lernumgebung zur Simulation von Teilchenmodellen der Materie (L.E.S.P). Essen: Institut für Didaktik der Chemie; Universität und Gesamthochschule Essen.
- Tabak, I. & Reiser, B. J. (1997). Complementary roles of software-based scaffolding and teacher-student interactions in inquiry learning. In R. Hall, N. Miayke & N. Enyedy (Eds.), Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning '97 (pp. 289-298). Toronto, Canada.
- Toth, J.A., Suthers, D. & Weiner, A. (1997). Providing expert advice in the domain of collaborative scientific inquiry. In B. du Boulay & R. Mizoguchi (Eds.), Artificial Intelligence in Education (pp. 302-308). Amsterdam: IOS Press.
- van Someren, M. & Reimann, P. (1995). Multi-objective learning with multiple representations. In P. Reimann & H. Spada (Eds.), Learning in Humans and Machines - Towards an interdisciplinary learning science (pp. 130 – 153). Oxford, UK: Elsevier.
- von der Werth, R. & Frankenberger, E. (1995). Strategies, competence and style - problem solving in engineering design. Learning and instruction, 5, 357-383.

Whyte, G. (1993). Escalating commitment in individual and group decision making: A prospect theory approach. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 54, 430-455.

Wiske, M. S. (1998). Teaching for understanding. San Francisco: Jossey-Bass.

Zumbach, J. & Reimann, P. (1999). Assessment of a Goal-Based Scenario Approach: A Hypermedia Comparison. In P. Marquet, S. Mathey, A. Jaillet & E. Nissen (Eds.), Internet-based teaching and learning (IN-TELE) 98 (pp. 449-454). Frankfurt: Peter Lang.

Autorenvita

Prof. Dr. Peter Reimann ist Leiter der Arbeitseinheit Pädagogische Psychologie – Lehren und Lernen – am Psychologischen Institut der Universität Heidelberg. Seine umfangreiche Forschungserfahrung liegt in den Bereichen der Instruktionspsychologie (im Besonderen mit dem Schwerpunkt des computerunterstützten Lehrens und Lernens sowie der Erwachsenenbildung) und Kognitionspsychologie (Denken und Problemlösen). Anschrift: Psychologisches Institut der Universität Heidelberg, Hauptstrasse 47-51, 69117 Heidelberg, Tel: 06221 / 547355, Fax: 06221 / 547326, peter.reimann@uni-hd.de, <http://paeps.psi.uni-heidelberg.de/reimann>.

Dipl.-Psych. Jörg Zumbach forscht und lehrt gegenwärtig am Psychologischen Institut der Universität Heidelberg im Fachbereich Pädagogische Psychologie, insbesondere in dem Bereich "Lehren und Lernen mit Neuen Medien". In diesem Bereich befindet sich auch der Schwerpunkt seiner Zeitschriften- und Buchpublikationen. Anschrift: Psychologisches Institut der Universität Heidelberg, Hauptstrasse 47-51, 69117 Heidelberg, Tel: 06221 / 547354, Fax: 06221 / 547326, zumbach@uni-hd.de, <http://zumbach.psi.uni-heidelberg.de>.