

Martin Freudenreich und Carsten Schulte

18.3.2002

### Von der Evaluation von Lernsoftware zur Gestaltung von Unterricht

*In der Forschung zur Wirkung der neuen Medien kann oft beobachtet werden, dass mediale und (unterrichts-)methodische Einflüsse nicht auseinander gehalten werden. Daher wurde bislang wenig systematisch untersucht, unter welchen instruktionalen Bedingungen der Einsatz einer bestimmten Software überhaupt effektiv Lernen unterstützt. Wir schlagen eine Evaluationsmethode vor, die vom Konstrukt der Lernumgebung ausgeht und plädieren dafür, Software unter der möglichst umfassenden Kontrolle der Parameter der jeweiligen Lernumgebung zu evaluieren. Auf diese Weise können Erkenntnisse darüber gewonnen werden, unter welchen Bedingungen das Potential einer bestimmten Software zur Geltung kommt und wie Software didaktisch begründet im Unterricht eingesetzt werden sollte.*

### Schwierigkeiten der empirischen Evaluation von Lernsoftware

Angesichts des kontinuierlich zunehmenden Einsatzes neuer Medien in der Schule besteht ein grosses Interesse an Kenntnissen über den Einfluss neuer Medien auf fachbezogene Lehr-/Lernprozesse. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die bislang eingesetzten Evaluationsmethoden keine zuverlässigen Antworten auf die in diesem Zusammenhang relevanten Fragen geben. In vergleichenden empirischen Studien – Unterricht mit neuen Medien vs. ohne – kann oft nicht entschieden werden, ob eine Veränderung tatsächlich auf das eingesetzte Medium zurückzuführen ist. Dies ist ein bekanntes Problem der Evaluation von Lernsoftware, das vor einigen Jahren von den Autoren R.E. Clark und R.B. Kozma diskutiert wurde. Diese als Kozma-Clark-Debatte bekannt gewordene Diskussion wollen wir nachfolgend kurz darstellen, um daraus einen Forschungsansatz für die empirische Evaluation von Lernsoftware abzuleiten.

Clark [C94,C94a] vertritt die Meinung, dass die instruktionale Methode grundlegender sei als das eingesetzte Medium; eine Beeinflussung des Lernprozesses könne sinnvoll nur auf die Methode zurückgeführt werden und nicht auf das Medium, denn die Effekte eines Mediums könnten immer durch die Wahl eines anderen Mediums erzielt werden. Damit wäre die Nutzung neuer Medien im Unterricht eine Wahl, die nicht durch besondere Eigenschaften dieser Medien begründet ist und sich gegenüber anderen Medienalternativen nur bezüglich der entstehenden Kosten unterscheidet. «The point that I had hoped to make in my earlier reviews is that media attributes are surface features of learning systems. Those surface features may affect the economics but not the learning effectiveness of instruction.» [C94, S. 26].

In Auseinandersetzung mit der Position Clarks weist Kozma darauf hin, dass eine Beziehung von eingesetztem Medium und Lernerfolg sich nicht wie in naturwissenschaftlichen Kontexten gleichsam *auffinden* lasse, sondern *gestaltet* werden müsse [K94, S. 7]. Die Kritik Kozmas an Vergleichsstudien zum Medieneinsatz bezieht sich auf die Art und Weise, in der diese durchgeführt werden: Medieneffekte würden meist auf Grund eines standardisierten Vor-/Nachtest Designs nachgewiesen, dagegen fehlten in diesen Studien kognitive, affektive und soziale Aspekte, unter denen aktives Lernen stattfindet. «Consequently, we will understand the potential for a relationship between media and learning when we consider it as an interaction between cognitive processes and characteristics of the environment, so mediated (...).» [K94, S. 8]. Um zu einem Verstehen der beim Einsatz neuer Medien ablaufenden Prozesse zu gelangen sei es also notwendig, *genauer* hinzuschauen. Kozma verwendet hier das Bild eines Tornados, der eine Stadt verwüstet. Um das Geschehen zu verstehen reicht es nicht aus, Photographien vor und nach diesem Ereignis zu vergleichen. Gerade der prozesshafte Charakter des Geschehens ist von Interesse für ein vertieftes Verständnis sowohl von Tornados als auch von Lernprozessen, so dass der Umgang der Lernenden mit der Software, der Lernprozess selbst, untersucht werden müsse: «To understand this process we would need to make fine-grained, moment by moment observations.(...) The use of think aloud protocols (...), eye fixations, and log files of events increases the amount of information that we have on the processes by which change occurs as learners interact with our interventions in certain ways». [K94, S. 15]

Auch Mayer [M97] plädiert für einen lernerzentrierten Ansatz anstelle eines medienzentrierten Vorgehens. Er führt empirische, methodologische, theoretische und paradigmatische Gründe an, weshalb die Suche nach Medieneffekten nicht länger sinnvoll sei: «In summary, the search for media effects dominated early research on media, but the current consensus among educational psychologists is, that questions about the relative effectiveness of various media are no longer productive questions (...). Jonassen, Campbell, and Davidson (...) call for reframing the debate as «learner centered rather than media centered» that is, to focus on how instructional treatments affect cognitive processing within the learner». [M97, S. 7]

### **Konstruktion eines Forschungskonzepts zur lernerzentrierten Evaluation von Lernsoftware**

Von welchem Bild des Lernens wird ausgegangen, wenn man Lernende in dieser Weise in den Mittelpunkt stellt und bei der Evaluation von Lernsoftware die kognitiven Prozesse der Lernenden betrachtet? Unseres Erachtens bietet sich für die Evaluation von Lernsoftware ein Bild des Lernens im Sinne eines «pädagogische Konstruktivismus» [vgl. S. 99] an, das wir nachfolgend darstellen werden.

Konstruktivistische Ansätze betonen die Rolle des Vorwissens, zu dem neue Kenntnisse hinzugefügt werden, so dass je nach Lernbiographie individuell unterschiedliche Wissensstrukturen konstruiert werden. Lernen ist zudem situiert, da der Konstruktionsprozess an situative Gegebenheiten gebunden ist, die den Lernenden veranlassen, das neue Wissen einem bestimmten Nutzwert und Anwendungsgebiet zuzuordnen. Für das Unterrichten bedeutet dies, die Vorerfahrungen der Lerner zu berücksichtigen und neue Themen möglichst in authentischen Situationen einzubetten, die realistische Anwendungsmöglichkeiten aufzeigen.

Diese Theorie des Lernens bestätigt die angesprochenen empirischen Probleme, wenn lediglich der Einfluss von Medieneffekten auf den Lernerfolg betrachtet wird: Lernprozesse können nicht als isolierte Interaktionen zwischen Lerner und Medium betrachtet werden, sondern müssen als situativ gebunden konzipiert werden. Empirische Aussagen kann man daher im Grunde nur für bestimmte Lerner und Lernsituationen treffen. Die in vielen Forschungsansätzen intendierte allgemeingültige und empirisch repräsentative Zuschreibung von Ursachen zu Wirkungen in der Form «Lernsoftware A bewirkt den Lernerfolg B» kann tatsächlich nur unter Berücksichtigung

einer unbekanntem Zahl von Randbedingungen  $R_i$  erklärt werden:  $A + R_1 + R_2 + \dots + R_i$  bewirken B. Einzelne dieser Randbedingungen können den Unterrichts-Erfolg oder auch Misserfolg entscheidend beeinflusst haben (ausführlicher dazu [CM00]).

Um die Randbedingungen zu berücksichtigen, sollte daher der Lernkontext beachtet werden: In welcher Weise interagieren Lernende mit dem Computer? Welche kognitiven Prozesse werden hierbei angestoßen?

Es hat sich gezeigt, dass es nicht möglich ist, in einer empirischen Studie systematisch alle eventuell wichtigen Randbedingungen zu berücksichtigen. Man kann allerdings versuchen, die wichtigsten Randbedingungen einzubeziehen und damit gegenüber den Alltagserfahrungen oder subjektiven Theorien von Lehrenden und Forschenden durch empirische Studien abgesicherte Erkenntnisse über die Effektivität von Lernsoftware zu erlangen. Denn «vor allem in Hinsicht auf die Systematik des Vorgehens, die Präzision der Terminologie, die Art der Auswertung und Interpretation von Informationen (statistische Analysen), die Überprüfung von Gültigkeitskriterien (interne und externe Validität) und schliesslich den Umgang mit Theorien» [BD95, S. 30] wird exakter vorgegangen und das Vorgehen dokumentiert. In Bezug auf Evaluationsforschung führen Bortz & Döring zudem aus, dass «aus wissenschaftlicher Sicht gebotene Zweifel an der Eindeutigkeit der Ergebnisse nicht überbetont werden müssen; solange eine Evaluationsstudie keine offensichtlichen Mängel aufweist, sollte sie eine klare Entscheidung nahe legen[...], denn letztlich gibt es Situationen mit Handlungszwängen, in denen – mit oder ohne fachwissenschaftliches Votum – Entscheidungen getroffen werden müssen». [BD95, S. 97]

Tulodziecki [T82] führt in Bezug auf die Unterrichtsforschung aus, dass gerade auch empirische Studien «an nicht-repräsentativen Stichproben in nicht-repräsentativen Situationen» nützliche «Entscheidungshilfen für Lehrer darstellen» [T82, S. 372f], wenn die evaluative Forschung sich auf a) theoriegeleitete Entwicklungen beziehe und b) selbst theorieorientiert durchgeführt werde: Da Lernen vielen Bedingungen unterworfen ist, und auf individuellen und situativen Begebenheiten beruht, ist der Wert von repräsentativen, also verallgemeinerbaren Ergebnissen relativ gering, da diese notwendigerweise von den individuellen und situativen Besonderheiten absehen. Nützlich für die Unterrichtsgestaltung können jedoch Einzelfallschilderungen sein, sofern sie hinreichend genau die wesentlichen Besonderheiten beschreiben und damit die Anpassung an die eigene Situation ermöglichen. Um diese hinreichende Genauigkeit zu erreichen

schlägt Tulodziecki die theorieorientierte Verankerung und Explizierung des Vorgehens vor.

Zusammenfassend halten wir zwei Grundsätze für die Konstruktion eines Forschungskonzepts zur lernerzentrierten Evaluation von Lernsoftware fest:

- a) die Perspektive auf Lehren und Lernen, sowie die davon abhängige Einbettung in den Unterricht sollte theorieorientiert – und damit begründ- und nachvollziehbar – erfolgen sowie
- b) das Untersuchungs- und Auswertungsinstrumentarium sollte auf dieser lehr- und lerntheoretischen Grundlage möglichst systematisch die wesentlichen Bedingungen und Randbedingungen erfassen.

#### *Zur lehr/lerntheoretischen Verankerung des Evaluationskonzepts*

Wie kann die theorieorientierte Entwicklung eines Forschungsvorhabens für die Evaluation von Lernsoftware erfolgen?

Um die notwendige lehr- und lerntheoretische Verankerung für die Evaluation von Lernsoftware zu erreichen, nutzen wir den Ansatz des Cognitive Apprenticeship nach Collins, Brown und Newman [CBN89], in welchem aus konstruktivistischer Perspektive Konzepte der traditionellen Lehrlingsausbildung für den Erwerb kognitiver Fähigkeiten (zunächst im Bereich des Lesens, Schreibens und der Mathematik) angepasst werden.

Wir skizzieren zunächst das in diesem Ansatz vertretene Bild des Lernens, um darauf aufbauend die wesentlichen für die empirische Evaluation notwendigen Bedingungen für Lehren und Lernen mit Hilfe des Konzepts der Lernumgebung zu entwickeln.

Der Unterricht orientiert sich an der Lehrlingsausbildung, in welcher der Lehrling zunächst dem Meister bei der Arbeit zusieht und von diesem Erklärungen erhält («modelling»), um unter Anleitung («coaching») schrittweise einfachere und nach und nach immer anspruchsvollere Arbeiten («scaffolding») selbst durchzuführen, wobei die Hilfestellungen durch den Experten/Lehrer immer weiter nachlassen («fading»). Im Unterschied zur traditionellen Berufsausbildung sind bei kognitiven Tätigkeiten wie z. B. Lesen, Schreiben, Rechnen wesentliche Aspekte der Tätigkeit unsichtbar und müssen daher beim Vormachen wahrnehmbar gemacht werden («articulation»). Dies gilt natürlich auch für die Tätigkeiten der Lernenden, die zudem die Fähigkeit erwerben müssen, ihre Handlungen selbst zu steuern, ihre Herangehensweise zu bewerten und ggf. anzupassen. Dazu soll die Reflexion angeregt werden («reflection»). Eine Methode

dazu ist die Interaktion mit Anderen, bei der der eingeschlagene Weg vom Lernenden erklärt wird.

Von besonderem Interesse in unserem Zusammenhang ist, dass der Ansatz Prinzipien für den Aufbau von Lernumgebungen vorschlägt und begründet, die die wesentlichen Bedingungen für erfolgreiches situiertes Lernen erfassen sollen. Wie im Begriff der Lernumgebung angedeutet, ändert sich dabei auch die Forschungsfrage: Anstelle einer medienzentrierten Betrachtung von Lernsoftware wird lernerzentriert das unterrichtliche Geschehen bezüglich des Softwareeinsatzes untersucht – eine computerangereicherte Lernumgebung wird Gegenstand der empirischen Forschung.

Collins u.a. vermuten, dass computerunterstützte Lernumgebungen insbesondere die Lehrmethoden modelling, coaching und fading unterstützen können, halten es jedoch für wichtiger, dass das Konzept der Lernumgebung die Entwicklung und Evaluation von Unterrichtsvorhaben unterstützen kann [CBN89, S. 491]. Die genaue Fassung von Hinweisen zu den wichtigen Elementen von Lernumgebungen unterstützt Lehrer nicht nur in Bezug auf Wissen und Problemlösefähigkeiten, die von Lernenden zu erwerben sind, sondern auch bezüglich Lernsequenzen und -aktivitäten, bezüglich Lernhürden, usf. Lernumgebungen werden von vier wesentlichen Bereichen bestimmt: [CBN89, S. 476ff]:

Lern-Inhalte	Bereichswissen Heuristische Strategien («tricks of the trade») Kontroll-Strategien Lern-Strategien
Lehr-Methoden	Modelling Coaching Scaffolding and fading Articulation Reflection Exploration
Lern-Sequenz	Ansteigende Komplexität Ansteigende Vielfalt Globale Kenntnisse und Fähigkeiten vor lokalen
Soziale Bedingungen	Situiiertheit Expertenpraxis Intrinsische Motivation Kooperation der Lernenden nutzen Wettbewerb der Lernenden nutzen

Tabelle: Eigenschaften idealer Lernumgebungen

Diese Idee der Lernumgebung dient als theoretische Basis für die Operationalisierung des Konstrukts Lernumgebung und erfasst wesentliche Merkmale der zeitlichen und intentionalen Einbettung des Softwareeinsatzes im Unterricht. Für einen effektiven Einsatz von Lernsoftware ist wichtig, dass die einzelnen Elemente schlüssig aufeinander abgestimmt sind.

Wie genau die einzelnen Elemente einer Lernumgebung gestaltet werden, hängt dabei von den konkreten Zielen der unterrichtlichen Massnahme ab. Ebenso hängt die Genauigkeit, mit der die einzelnen Elemente in einer empirischen Studie berücksichtigt werden müssen, von der konkreten Forschungsfrage ab.

In der AG Didaktik der Physik etwa konzentrieren sich die aktuellen Forschungs-Fragen auf die Problemlösefähigkeiten, in der AG Didaktik der Informatik interessiert dagegen in einem aktuellen Projekt stärker der Aspekt der angemessenen Sequenzierung von Unterrichtsinhalten. In beiden Fällen werden zu den sozialen Bedingungen explizit das Vorwissen der Lerner als wichtige Aspekte der Lernumgebung hinzugenommen – dieses liegt insbesondere angesichts des konstruktivistischen Hintergrunds des Ansatzes nahe; vermutlich fehlt der Aspekt im Konzept des cognitive apprenticeship nur deshalb, weil er nicht vom Lehrer beeinflussbar ist – für

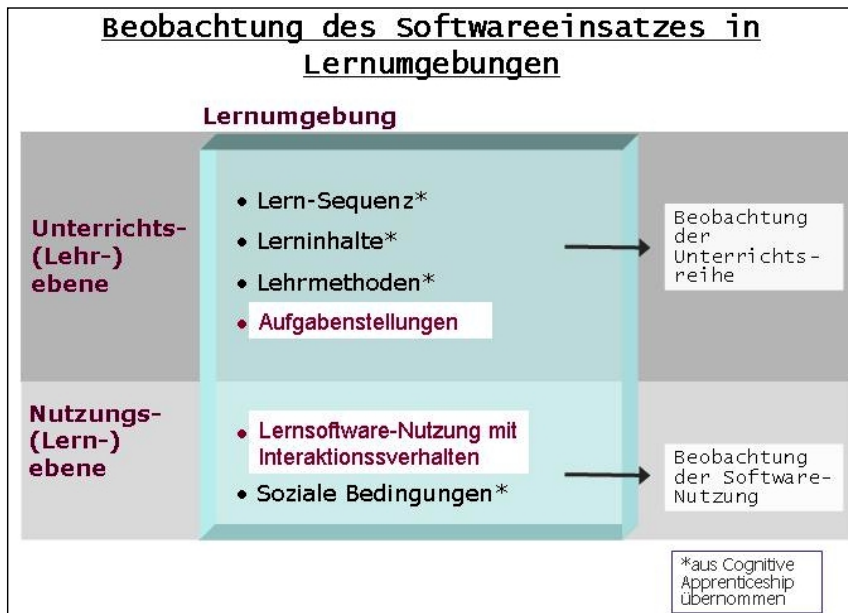


Abb.1: Das Konstrukt Lernumgebung

die Messung der Effektivität einer Lernsoftware ist das Vorwissen jedoch eine nicht zu vernachlässigende Randbedingung für die Interpretation der Wirkungen.

Um die jeweilige Einbettung der Softwarenutzung in die Lernumgebung genauer zu erfassen, wird zudem ein neuer Bereich Aufgabenstellung hinzugenommen. Denn in verschiedenen Unterrichtsphasen kann die Lernsoftware durchaus mit unterschiedlichen Zielvorstellungen eingesetzt werden, so dass das jeweilige Resultat in Bezug zur Aufgabenstellung gesetzt werden muss: Sollten die Schülerinnen und Schüler eine einfache Aufgabe angeleitet lösen? Sollten sie mit Hilfe der Lernsoftware zur Artikulation und Reflexion ihres Vorgehens angeregt werden? Hinter diesen und ähnlichen Angaben steht jeweils die Evaluationsfrage, in wie weit der intendierte Nutzen der Software eingetreten ist.

#### Zur praktischen Umsetzung des Evaluationskonzepts

Ausgehend von der Annahme, dass die Kontrolle der genannten Charakteristika von Lernumgebungen notwendig ist, um zu sinnvollen Aussagen über den Einfluss einer bestimmten Software auf die Lernprozesse der mit ihr arbeitenden Schülerinnen und Schüler zu gelangen, stellt sich die Frage, auf welche Weise diese Einflüsse der Lernumgebung auseinandergehalten und einzeln gemessen werden können. Wie operationalisiert man die Variablen des theoretischen Konstrukts Lernumgebung, um diese zu messen und mittels einer statistischen Analyse ihre wechselseitige Beziehung zu analysieren?

Nachfolgend sollen die verschiedenen Elemente der Lernumgebung hinsichtlich dieser Messbarkeit beschrieben werden. Bei der Betrachtung des Konstrukts Lernumgebung unterscheiden wir die Ebene des Lehrens und die des Lernens.

#### Zur Beobachtung der Lehrebene

Die detaillierte Analyse des Umgangs von Lernenden mit einer Software erfolgt vor dem Hintergrund des realen Unterrichtsgeschehens. Von Interesse ist hier insbesondere die Art und die zeitliche Abfolge der zu Grunde liegenden Lehrmethoden. Wie leitet der Lehrer den Einsatz des Computers an, welche instruktionalen Besonderheiten weist der den Computereinsatz begleitende Unterricht auf? Zudem ist in diesem Zusammenhang die Art der Aufgabenstellung von Einfluss. Erfolgt der Einsatz des Computers eher

mit einer offenen zum Explorieren des Systems auffordernden Aufgabe, die von den Schülerinnen und Schülern zu bearbeiten ist oder ist der Computereinsatz mit konkreten und kleinschrittigen Aufgabestellungen verbunden? Analysiert man den Unterricht unter Beachtung dieser und anderer Faktoren, so können verschiedene Unterrichtsstile auseinander gehalten und verglichen werden sowie Aussagen über die Effektivität der Lernsoftware in Bezug auf diese unterschiedlichen unterrichtlichen Einbettungen getroffen werden.

Zur Erfassung des konkreten Unterrichtsgeschehens wird dieses mittels einer Videokamera aufgezeichnet<sup>1</sup>. Der Schwerpunkt der weiteren Auswertung kann nun einerseits auf qualitativen Methoden liegen.<sup>2</sup>

Andererseits bieten sich für den von uns untersuchten Bereich Verfahren an, die mit Hilfe eines aus der zugrunde gelegten Lehr-/Lerntheorie abgeleiteten festen Kategoriensystems die Videos quantitativ auswerten. Das Video wird hierzu in gleichlange Segmente unterteilt und jedem dieser Segmente kann die Ausprägung einer der aufgestellten Kategorien zugeordnet werden. Über die statistische Auswertung der hiermit erzielten Häufigkeitsverteilungen können Aussagen über den beobachteten Unterricht getroffen werden. Scheinen qualitative Verfahren auch den Vorteil zu haben, dass sie flexibler darauf reagieren können, dass im Video Elemente vorkommen, die in der Theorie nicht vorgesehen waren, so ermöglicht aus unserer Sicht nur die Auswertung mit Hilfe von Kategoriensystemen eine effiziente Interpretation der aufgezeichneten Unterrichtseinheiten. Dieses Vorgehen hat den Vorteil zu objektivierbaren Ergebnissen zu führen, da der beobachtete Unterricht abgebildet wird auf das Auftreten und die Häufigkeit bestimmter als relevant eingestufte Ereignisse.

Um beispielsweise den Einfluss des Unterrichtsstils einer Lehrperson auf die Wirksamkeit einer Lernsoftware zu untersuchen, wird das Kategoriensystem auf diese Forschungsfrage zugeschnitten. Als theoretisches Fundament hierfür bietet sich zum Beispiel der beschriebene Ansatz des «cognitive apprenticeship» an; über die Analyse des zeitlichen Ablaufs der einzelnen Lehrimpulse («modelling», «coaching» etc.) können verschiedene Unterrichtsverläufe differenziert betrachtet und in Beziehung zueinander gesetzt werden.

<sup>1</sup> Möglicherweise ist es zweckmässig mit weiteren Aufzeichnungsgeräten den Ton separat mitzuschneiden. Vgl. [A00].

<sup>2</sup> vgl. z. B. den Ansatz der «Grounded Theory» von Strauss/Corbin [SC97]

Mit Erfolg eingesetzt wurde in den Projekten der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik auch ein Kategoriensystem, das aus der Basismodelltheorie nach F. Oser [OP90, OB01] abgeleitet wurde. Oser unterscheidet eine Oberflächen- und eine Tiefenstruktur des Unterrichts, auf Grund derer der Unterrichtsablauf beschrieben werden kann. Eine bestimmte (vollständige) Schrittfolge der Basismodellschritte ist demnach für den Unterrichtserfolg notwendig. So kann die Variable Unterrichtsmethode in eine Beziehung zu den Ergebnissen der Unterrichtsreihe gesetzt werden. Und damit kann auch beschrieben werden, ob die Lernsoftware überhaupt angemessen (in Bezug auf die Basismodelle) eingesetzt wurde. Es kann auch beschrieben werden, ob die Lernsoftware die jeweiligen notwendigen Schritte der Oberflächen- und Tiefenstruktur unterstützt hat. Dazu muss in einem weiteren Schritt das Nutzungsverhalten der Schülerinnen und Schüler im Einzelnen untersucht werden.

#### *Zur Beobachtung der Lernebene*

Ein einfaches und effektives Verfahren zur Erfassung der einzelnen Nutzungsschritte besteht in der Auswertung von log-files, die von einigen Softwareprodukten automatisch erzeugt werden. Log-files registrieren die einzelnen Funktionsaufrufe, deren Zeitpunkt und gegebenenfalls weitere Daten, etwa Benutzereingaben.

Zur Illustration ein kleines Beispiel aus der Informatik, das gleichzeitig auch schon die Grenzen bzw. Unsicherheiten von log-file-Daten aufzeigen soll (vgl. Abbildung).

Die Schülerinnen und Schüler sollten eine Änderung an einem Programm vornehmen. Dazu mussten sie die zu ändernde Stelle identifizieren und dann die richtige Eingabe vornehmen. Die log-files zeigen bereits bei diesem sehr einfachen Beispiel Unterschiede in den einzelnen Schülergruppen auf.

Am log-file erkennt man, dass die korrekte Änderung in Zeile sieben vorgenommen wurde, vorher wurden andere Stellen des Programms aufgerufen (Zeilen drei bis fünf), ohne dass dort eine Änderung vorgenommen wurde. Direkt in Zeile acht wird die Änderung wieder rückgängig gemacht, erwartbar wäre gewesen, dass die Gruppe ihre Änderung überprüft hätte, indem das geänderte Programm erneut übersetzt worden wäre.

Zeile	Startzeit	Endzeit	Schritttyp	Methode	Objekt	Klasse	Modus	Ein-gabe	OK?
3	09:03:44	09:03:51	Edit SDM_ Object	create Spiel	this	Spieler	NONE		0
4	09:03:53	09:03:56	Edit SDM_ Object	create Spiel	erstes Feld	Feld	CREATE		0
5	09:03:57	09:03:59	Edit SDM_ Object	create Spiel	erstes Feld	Feld	CREATE		0
6	09:04:34	09:04:36	Edit Statement_ Activity	create Spiel					0
7	09:04:37	09:04:42	Edit Act_ Transition	create Spiel				i<=8	1
8	09:04:47	09:04:52	Edit Act_ Transition	create Spiel				i<=6	1

Abb.2: Beispiel für ein log-file

Es fehlen in den log-files Angaben, die das Vorgehen erklären können: Äusserungen der Schülerinnen und Schüler, die das Vorgehen kommentieren. Bei unseren Untersuchungen setzen wir zu diesem Zweck eine spezielle Software ein, die sowohl die Aufzeichnung aller Vorgänge auf den Bildschirmen der Schülercomputer als auch die Erfassung ihrer sprachlichen Äusserungen bei der Arbeit mit dem Computer erfasst. Auf diese Weise können die konkreten Arbeitsschritte der Schülerinnen und Schüler nachvollzogen werden<sup>3</sup>. Im obigen Beispiel kommentieren die Schüler ihr Vorgehen mit den Worten: «Und hier muss ich die Änderung vornehmen [...] so, und jetzt mach ich's wieder rückgängig». Für diese Gruppe war die Aufgabe also leicht zu lösen, obwohl die Schüler erst die zu ändernde Stelle suchen mussten (– sie aber innerhalb einer Minute gefunden hatten).

<sup>3</sup> Vor den Projekten werden die Schülerinnen und Schüler über diese Zusammenhänge aufgeklärt und unterschreiben eine Erklärung, in der sie ihre Zustimmung zur Aufzeichnung dieser Daten geben. Es zeigt sich allerdings deutlich in den Projekten, dass die Schüler trotz der Aufzeichnung relativ unbefangen am Computer arbeiten.

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten in Zweiergruppen am Computer, wofür einerseits didaktische Gründe angeführt werden können (etwa: «reflection», «articulation») und was andererseits die Voraussetzung dafür ist, kontinuierlich sprachliche Äusserungen aufzeichnen zu können. Die Bildschirmprotokolle in Verbindung mit den verbalen Daten geben Aufschluss über Vermutungen, ad-hoc-Hypothesen und Absichten der Schülerinnen und Schüler und ermöglichen einen sehr direkten Zugang zu subjektiven Theorien und den ablaufenden kognitiven Prozessen.

#### *Empirische Aussagen, die dieses Evaluationskonzept ermöglicht*

Um exemplarisch darzustellen, zu welcher Art Aussagen man mit dem vorgeschlagenen Verfahren gelangen kann, sollen im Folgenden Ergebnisse einer von der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik durchgeführten Pilotstudie dargestellt werden. Eingesetzt wurde in einer Unterrichtseinheit zum Thema Gravitation eine interaktive Simulationsumgebung. Im Rahmen des Projektes sollten folgende Fragen geklärt werden: Treten Verständnis- oder Bedienungsschwierigkeiten auf, die auf die Lernsoftware rückführbar sind? Welche Wirkungen der Software auf die Lernaktivitäten der Schülerinnen und Schüler lassen sich beobachten? Welchen Einfluss hat hier die Art der Aufgabenstellung? Welche physikalische Vorstellung erzeugt die Lernumgebung, regt sie eher physikalische oder alltagssprachliche Artikulationen und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler an? Wie hängt das Vorgehen der Lernenden am Computer von ihrem computerbezogenen und fachspezifischen Vorwissen ab?

Ohne auf Details der Untersuchung eingehen zu wollen, können verschiedene Ergebnisse festgehalten werden: Es wurde ein Einfluss des unterschiedlichen Vorwissens auf die in dieser Unterrichtseinheit erworbene Problemlösefähigkeit beobachtet, indessen waren die Computervorkenntnisse nicht entscheidend für die Interaktion mit dem eingesetzten Computerprogramm. Ein höheres Vorwissen befähigte die Lernenden zur Lösung einer Problemlöseaufgabe sowohl mit Hilfe einer Computersimulation als auch zur theoretischen Lösung dieser Problemlöseaufgabe. Eine interessante Gruppe stellten die Lernenden mittleren Vorwissensniveaus dar, denen zwar nicht die theoretische Lösung der Problemlöseaufgabe gelang, die diese aber mit Hilfe des Computers lösen konnten. Über die Auswertung der Bildschirmprotokolle kann festgestellt werden, dass die Schülerinnen und Schüler durch die Interaktion mit der Software ein technisch-intuitives Handlungswissen erwarben, das ihnen erlaubte,

die Simulationen zu steuern und sie auf diese Weise eine intuitive Vorstellung von den zu Grunde liegenden fachlichen Zusammenhängen erwarten. Zwar formulierten sie während der Bearbeitung der Aufgaben keine Hypothesen, doch gingen sie durchaus geplant vor; bei offeneren Aufgabenstellungen drückten sie sich dabei eher physikalisch als alltags-sprachlich aus. Es konnten bei ähnlichen Projekten bestimmte Unterschiede der Lerneffekte auf die unterschiedlichen Unterrichtsstile der jeweils Lehrenden zurückgeführt werden; die Analyse der Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler kann sinnvoll nur unter Beobachtung des Unterrichts erfolgen.

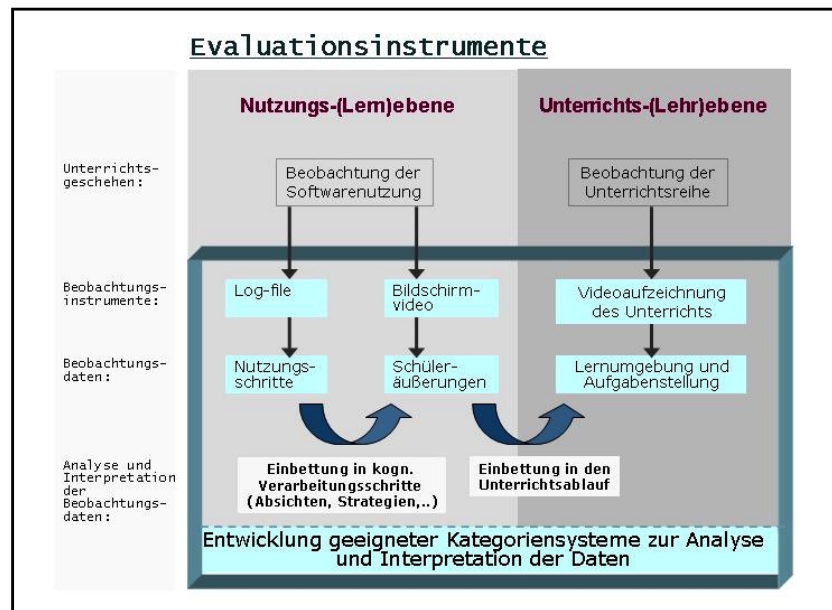


Abb. 3: Übersicht Evaluationsinstrumente

Im Gegensatz zu anderen Verfahren der Aufzeichnung von Äußerungen ist die vorgestellte Methode ein nicht-reaktives Verfahren, mit dem das Vorgehen von Schülerinnen und Schüler mit dem Computer in offenen Lernsituationen detailgenau erfasst werden kann, ohne die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler merklich zu beeinflussen<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> vgl. hierzu [CM00, S. 104]; zur Diskussion über die Erhebung und Auswertung verbaler Daten, speziell über Methoden des «Lauten Denkens» über vgl. [HM82].

### Schlussbemerkung

Aus der eingangs beschriebenen Debatte zwischen Kozma und Clark sollten unseres Erachtens folgende praktischen Konsequenzen für Untersuchungen in diesem Bereich gezogen werden: Lernsoftware kann nicht isoliert evaluiert werden; es können nur Softwareeigenschaften in Bezug auf ihre Einbettung in das unterrichtliche Gesamtkonzept evaluiert werden. Der Schwerpunkt eines derartigen Evaluationskonzeptes liegt auf dem Verstehen des Wechselspiels von Medium und den zahlreichen Faktoren der Lernumgebung, in die das Medium eingebettet ist.

Studien dieser Art treffen nicht die Aussage, dass Software X diese und jene Eigenschaften habe, sondern sie beschreiben, in welcher Lernumgebung Y die Software X welche (Lern-) Funktionen übernehmen kann. Es kann sich der Blick für Probleme öffnen, die auf der Wechselwirkung von Lernumgebung und Medieneinsatz beruhen. Diese Art empirischer Forschung evaluiert damit nicht «nur» einzelne Softwareprodukte, sondern liefert Ansätze zur Gestaltung von Lernumgebungen. Eine solche Gestaltung würde theorieorientiert erfolgen und idealerweise empirisch evaluiert werden. Die empirische Evaluation dieser «computerangereicherten Lernumgebung» stellt so verstanden also den Versuch dar, prozesshaft das Potential neuer Medien zu erforschen und damit weiter zu entwickeln.

### Literatur

- [A01] Aufschnaiter, S. v. [Hrsg.]: *Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lern-Prozessen : aktuelle Methoden empirischer pädagogischer Forschung*. Münster: Waxmann, 2001.
- [BD95] Bortz, J. / Döring, N.: *Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer, 1995.
- [C94] Clark, R.E.: «Media will never influence learning.» In: *Education technology research and development*. 42 (1994) 2, S. 21–29.
- [C94a] Clark, R.E.: «Media and method.» In: *Education technology research and development*. 42 (1994) 3, S. 7–10.
- [CBN89] Collins, A. / Brown, J.S. / Newman, S.E.: «Cognitive Apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics.» In Resnick, L. B. (Ed.): *Knowing, learning and instruction Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates*, 1989, S. 453–494.

- [CM00] Clement, U. / Martens, B.: «Effizienter Lernen durch Multimedia? Probleme der empirischen Feststellung von Ursachen des Lernerfolgs.» *Zeitschrift für Pädagogik*, 46 (2000) 1, S. 97–112.
- [HB82] Huber, G. / Mandl, H.: *Verbale Daten. Eine Einführung in die Grundlagen und die Methoden der Erhebung und Auswertung*. Weinheim: Beltz, 1982.
- [K94] Kozma, R.B.: «Will media influence learning? Reframing the debate.» *Education technology research and development*, 42 (1994) 2, S. 7–19.
- [M97] Mayer, R.E.: «Multimedia Learning: Are we asking the right questions?» *Educational psychologist*, 32 (1997) 1, S. 1–19.
- [OP90] Oser, F. / Patry, J. L.: «Choreographien unterrichtlichen Lernens. Basismodelle des Unterrichts.» In: Pädagogisches Institut der Universität Freiburg (Hrsg.): *Berichte zur Erziehungswissenschaft*, Nr. 89, 1990.
- [OB01] Oser, F. K. / Baeriswyl, F.: «Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning.» In: V. Richardson (Ed.): *Handbook of Research on Teaching*. New York: Macmillan, 2001.
- [S99] Siebert, Horst: *Pädagogischer Konstruktivismus: eine Bilanz der Konstruktivismusdiskussion für die Bildungspraxis*. Neuwied: Luchterhand, 1999.
- [SC96] Strauss, A. L. / Corbin J.: *Grounded theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: Beltz, 1996.
- [T82] Tulodziecki, G.: «Zur Bedeutung von Erhebung, Experiment und Evaluation für die Unterrichtswissenschaft.» In: *Unterrichtswissenschaft*, 10 (1982) 4, S. 364–377.

Die Autoren sind Mitarbeiter in den Arbeitsgruppen

- Didaktik der Physik, Universität Paderborn (Prof. Dr. P. Reinhold, <http://fb6www.upb.de/ag/ag-dida/ag-dida.htm>)
- Didaktik der Informatik, Universität Paderborn (Prof. Dr. J. Magenheimer, <http://ddi.upb.de>)

und gehören dem Forschungskolleg «Lehren und Lernen mit neuen Medien» des Paderborner Lehrerausbildungszentrums (PLAZ) an.

Informationen zum Forschungskolleg sind erhältlich unter:

[www.upb.de/plaz/intern/org/ag/forschung/fk\\_neuemedien/fk\\_neuemedien.html](http://www.upb.de/plaz/intern/org/ag/forschung/fk_neuemedien/fk_neuemedien.html)