

[Quelle: Doll, Jörg & Prenzel, Manfred (Hrsg.): Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung. Münster u.a.: Waxmann, S. 212-233; Seitenzahlen bitte dem Original zufolge zitieren.]

## **Videoanalysen zum Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien im Unterricht**

### **Indikatoren und erste Ergebnisse für das Fach Mathematik**

„Man muss sagen, 95% aller Mathematikstunden laufen mit herkömmlichen Medien, mit Tafeln und Kreide und Zeichengeräten. (...) Manchmal gehe ich in den Computerraum mit den Schülern und präsentiere nur irgendetwas, zum Beispiel simuliere ein Zufallsexperiment. Das war also mehrfach in diesem Schulhalbjahr Unterrichtsgegenstand, dass wir Lottozahlen haben ziehen lassen – oder, also 5000x Lottozahlen ziehen – das kann man in der Realität ja nicht so schnell. Oder dass wir das berühmte Galton-Brett äh simuliert haben. Dann sitzen die Schüler nur da und sehen auf die Bildschirm, und vorne läuft ein Programm, was ich im Prinzip steuere.“ (Mathematiklehrer, Sekundarstufe II)

#### **1 Einleitung**

Es liegen zahlreiche Konzepte vor, die das Potenzial der neuen Medien für eine Unterstützung problemorientierten und kooperativen Lernens sowie für das Verstehen komplexer Sachverhalte im Unterricht verdeutlichen. Offen ist aber, ob Lehrerinnen und Lehrer dieses Potenzial nutzen. Möglicherweise werden die neuen Medien lediglich in überlieferte Handlungsmuster integriert, die sich durch eine relative Gleichförmigkeit auszeichnen. Diese relative Gleichförmigkeit unterrichtlichen Handelns ist eines der augenfälligsten Ergebnisse der Videostudien, die im Rahmen der „Third International Mathematics and Science Study“ (TIMSS) für den Mathematikunterricht durchgeführt wurden (Baumert et al., 1997; Reusser & Pauli, 2003). Bei der Suche nach Ursachen für dieses Phänomen stellt die Analyse der kognitiven Strukturen von Lehrpersonen und deren handlungsleitender Wirkung in der aktuellen Unterrichtsforschung einen viel versprechenden Ansatzpunkt dar. Hier gliedert sich auch die Studie „Handlungsmuster von Lehrerinnen und Lehrern beim Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien“ (H-A-M-L-E-<sub>IKT</sub>) ein, indem die Inhalte spezifischer Elemente von kognitiven Strukturen der Lehrpersonen beim Einsatz von IKT<sup>1</sup> analysiert und beschrieben werden.<sup>2</sup> Bei diesen Elementen handelt es sich um mentale Repräsentationen zum Ablauf des Unterrichts – so genannte *Skripts* – und das *professionelle Wis-*

---

<sup>1</sup> Mit dem Begriff Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) bezeichnen wir „computerisierte, meist digitale Informations- und Kommunikationssysteme, -medien, -techniken, -werkzeuge und -produkte“ (Reusser 2003, S. 176).

<sup>2</sup> Eine Förderung erfolgt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms 1082 „Die Bildungsqualität von Schule: Fachliches und fächerübergreifendes Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in Abhängigkeit von schulischen und außerschulischen Kontexten“ (BIQUA), Projektnummer BL 548/2-1. Die Laufzeit des Projekts beträgt zwei Jahre (01.01.2003-31.12.2004). Zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Beitrags (30.04.2004) waren die Entwicklung des Kategoriensystems, die Datenerhebung, die Kodierung aller Videos und die Auswertung der ersten sieben Videos abgeschlossen.

sen der Lehrpersonen, die unter dem abstrakten Begriff der Handlungsmuster zusammengefasst werden.

In der Studie wird ein besonderes Augenmerk auf den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) im Unterricht gelegt, da mit ihm oftmals Erwartungen verknüpft sind, die sich auf eine Verbesserung der Lernwirksamkeit beziehen. IKT zeichnen sich durch eine Integration von Text, Bild und Ton sowie durch Interaktivität und Vernetzung aus (vgl. Mayer, 1997; Moreno & Mayer, 2000; Schnotz, 1993, 2001; Weidenmann, 2000). Darüber hinaus bieten sie die Möglichkeit, Abläufe zu digitalisieren, womit deren Darstellung an die räumlichen und zeitlichen Möglichkeiten von Unterricht angepasst und simuliert werden kann (vgl. de Jong & van Joolingen, 1998). Die neuen Technologien erleichtern sowohl ein Ausgehen von authentischen Problemen als auch die individuelle Tätigkeit der Schülerinnen und Schüler und Möglichkeiten zum Aufbau kognitiver Flexibilität (vgl. Reiserer, Ertl & Mandl, 2001; Vosniadou, 1994; Weinberger, Fischer & Mandl, 2002). Eingebettet in kooperatives Lernen experimentieren die Lernenden häufiger mit neuen Ideen und überdenken sie kritisch (vgl. Crook, 1994; Tao & Gunstone, 1999).

Die Ausschöpfung des didaktischen Potenzials von IKT scheint in der Unterrichtspraxis allerdings ein Problem zu sein. Eine systematische Auswertung der vorliegenden empirischen Studien lässt den Schluss zu, „dass die Auswahl und ein Einsatz neuer Medien im Unterricht sorgfältiger Abstimmungen auf die eigenen Lehr-Lernziele, auf die Persönlichkeitsmerkmale der Schülerinnen und Schüler und auf die geplante didaktisch-methodische Gestaltung bedürfen und dass darüber hinaus eine umfassende instruktionale Unterstützung der Schülerinnen und Schüler während der Arbeit mit dem Medium notwendig ist“ (Blömeke 2003, S. 75). Es ist wenig effizient, beim Einsatz von IKT den gleichen didaktischen Prinzipien zu folgen wie im personalen Unterricht (vgl. Kerres 2000). Während in diesem Information und Kommunikation miteinander verknüpft sind, fallen sie durch einen Medieneinsatz auseinander, so dass u.a. die Aufgabe besteht, Information und Kommunikation wieder sinnvoll zusammensetzen. Damit stellt die Frage der Sequenzierung von computergestützten Lehr-Lernphasen und personalen Phasen einen wichtigen Blickpunkt dar, der allerdings „bisher kaum wissenschaftlich untersucht wurde“ (Mandl, Gruber & Renkl 1997, S. 469).

Ziel der H-A-M-L-E-<sub>IKT</sub>-Studie ist es vor diesem Hintergrund, einen Beitrag zur Entwicklung einer Theorie zum Lehrerhandeln im Medienzusammenhang zu leisten, wobei **(1)** fächerübergreifende Handlungsmuster von Lehrpersonen beim Einsatz neuer Medien identifiziert, **(2)** Hypothesen über Zusammenhänge von Handlungsmustern und Fachzugehörigkeit sowie **(3)** über Zusammenhänge von Handlungsmustern und Medien-Expertisegrad generiert werden und **(4)** die Stabilität von Handlungsmustern in Abhängigkeit des Medieneinsatzes analysiert wird. Zu diesem Zweck werden Videoaufnahmen von 30 Unterrichtsstunden in den Fächern Deutsch, Mathematik und Informatik im Hinblick auf zugrunde liegende Unterrichtsskripts analysiert.

Im Mittelpunkt des vorliegenden Beitrags steht die Beschreibung von Indikatoren, mithilfe derer auf die latenten Variablen der mentalen Repräsentation von Unterrichtsskripts geschlossen werden kann. Dabei werden in der Darstellung jene Indikatoren hervorgehoben, die sich der Frage widmen, wie der Medieneinsatz innerhalb der

Skripts repräsentiert ist. Darauf aufbauend werden in einem weiteren Schritt erste deskriptive Ergebnisse einer Teilstichprobe von sieben Mathematiklehrern dargestellt, die Hinweise darauf geben, wie oft, in welcher Form, mit welcher Funktion und in welchen Unterrichtsphasen IKT im Mathematikunterricht der Sekundarstufe II eingesetzt werden und wie das Zusammenspiel dieser Indikatoren aussieht.

## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Unterrichtsskripts

Unterrichtsskripts in den Fokus zu nehmen, kann als eine angemessene Balance zwischen Laborstudien, die die unterrichtliche Komplexität stark reduzieren, und der Detailfülle des konkreten Lehr-Lerngeschehens angesehen werden. Allerdings muss festgestellt werden, dass der Begriff des Unterrichtsskripts nicht eindeutig definiert ist. Im Rahmen des H-A-M-L-E-IKT-Projektes wird auf die kognitionspsychologische Skripttheorie (vgl. insbesondere Minsky 1975, Mandler 1984) Bezug genommen. In dieser wird mit dem Begriff des Skripts, der auf Schank und Abelson (1977) zurückgeht, die mentale Repräsentation einer systematischen Handlungsabfolge bezeichnet, die auf eine spezifische Situation ausgerichtet (z.B. Restaurantbesuch) und mit einem bestimmten Ziel versehen ist. Skripts sind also Schemata für Ereignisabläufe und umfassen somit hierarchisch organisiertes, generalisiertes Wissen über eine Standardsituation, wozu auch deren sequenzielle Abfolge gehört. Nach Aebli (1980, 1983) sind Skripts durch die Strukturelemente Akteur, Objekt, Tätigkeit, Ort und Ergebnis gekennzeichnet. Skripts stellen den Niederschlag einer in der Praxis durchgeführten oder erlebten Handlung dar, die durch Differenzierung und Integration weiterentwickelt und routinisiert wurde. Sie ermöglichen es, bekannte Situationen zu definieren und somit Ereignisse zu antizipieren, zu planen und zu steuern. Übertragen auf den Einsatz von IKT im Unterricht bedeutet das Skript-Konzept, dass von der Annahme ausgegangen wird, dem Handeln der Lehrerinnen und Lehrer liegen mental gespeicherte Handlungsverläufe zugrunde, die sich in wiederholten, strukturell ähnlich verlaufenden Unterrichtsschritten niederschlagen, in die IKT integriert werden.

Im Unterschied zum deskriptiven Skriptbegriff der TIMS-Videostudie (vgl. Stigler et al., 1999) handelt es sich bei Unterrichtsskripts in dem angesprochenen kognitionswissenschaftlich fundierten Verständnis um mentale Konstrukte, die sich nicht unmittelbar beobachten lassen (latente Variablen). Durch den Zugang über die Physiologie, das phänomenale Erleben, die Sprache oder die Verhaltensbeobachtung ist es aber möglich, auf mentale Repräsentationen zu schließen (vgl. Engelkamp & Pechmann, 1993). Innerhalb der H-A-M-L-E-IKT-Studie wird mithilfe der *Beobachtung* im Rahmen von Videoaufzeichnungen und über die *Sprache* aufgrund einer Analyse der verbalen Interaktion auf Skripts geschlossen.

Durch Bezug auf bestehende Theorien und Modelle zur didaktisch-methodischen Gestaltung von Unterricht, zur unterrichtlichen Interaktion und zum Einsatz neuer Medien im Unterricht (Amidon & Hough, 1967; Bloom, 1972; Flanders, 1970; Hanke, Mandl

& Prell, 1980; Tulodziecki, 1996, 1997; Herrlich & Tulodziecki, 2002) sind vor diesem Hintergrund Indikatoren zu entwickeln, von denen begründet angenommen werden kann, dass sie auf das Vorliegen spezifischer Unterrichtsskripts verweisen, und zwar unter der leitenden Annahme, dass die in den Videodaten dokumentierten Handlungen Ergebnisse kognitiver Aktivitäten der Lehrpersonen darstellen (vgl. Peuckert, 2001).

## 2.2 Rekonstruktion von Unterrichtsskripts anhand von Videoaufzeichnungen

Auch wenn eine umfassende Unterrichtstheorie noch entwickelt werden muss, gibt es dennoch Modelle innerhalb der Allgemeinen Didaktik, der Mediendidaktik und der Fachdidaktiken, die typische Gestaltungsmerkmale von Unterricht beschreiben. Für die von Aebli (1980) spezifizierten Strukturelemente von Skripts Akteur – Tätigkeit – Objekt – Ergebnis wurden vor diesem Hintergrund im Wechselspiel von Deduktion und Induktion Indikatoren entwickelt, die auf das zugrunde liegende Unterrichtsskript schließen lassen.<sup>3</sup> Die Analyse der Videos anhand dieses Kategoriensystems dient zum einen der Erfassung von so genannten „Sichtstrukturen“ (Oser) von Unterricht mit IKT-Einsatz. Zum anderen erfolgt eine Feinanalyse des Unterrichts durch die *Kombination* von Kategorien und durch die Kodierung der *verbalen Interaktion*. Durch die Kombination soll über die übliche univariate Analyseperspektive hinausgegangen und der Tatsache Rechnung getragen, dass dieselbe Sichtstruktur in – beispielsweise – unterschiedlichen Unterrichtsphasen unterschiedliche Funktionen im Lehr-Lernprozess haben kann. Mit der Einbeziehung der verbalen Interaktion wird eine mehr als 30 Jahre alte Idee der Unterrichtsforschung wieder aufgegriffen, deren Möglichkeiten aufgrund des technischen Entwicklungsstandes (insbesondere zur Bewältigung der Datenflut) bisher nicht ausgereizt werden konnten. Erst die Analyse von Form und Inhalt der Lehreräußerungen gibt aber näheren Aufschluss darüber, inwieweit z.B. eine komplexe Aufgabe in dieser Qualität auch realisiert wurde. Ziel dieser beiden Wege – Kombination von Kategorien und Kodierung der verbalen Interaktion – ist, über die Sichtstruktur hinaus auch die „Tiefenstruktur“ von Unterricht im Sinne Osers zu erfassen. Eine theoretische Validierung des Kategoriensystems erfolgte in Zusammenarbeit mit allgemein-, medien- und je drei fachdidaktischen Arbeitsgruppen (Deutsch, Informatik und Mathematik) der Humboldt-Universität zu Berlin und der Universität Paderborn. In einem ersten Schritt wurde das Kategoriensystem durch die Hochschullehrer und Mitarbeiter aller genannten Fachgebiete umfassend aus einer deduktiven Perspektive analysiert, diskutiert und bewertet. Daraus resultierende Anregungen wurden in das Kategoriensystem aufgenommen. In einem zweiten Schritt wurden Unterrichtsstunden der drei Fächer den jeweiligen fachdidaktischen Arbeitsgruppen vorgelegt. Dieser Schritt diente der Validierung des Kategoriensystems aus einer induktiven Perspektive,

---

<sup>3</sup> Im Unterschied zu Aebli wird allerdings das Strukturelement „Ort“ in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt, da sich in der Wahl eines bestimmten Ortes zur Durchführung des Unterrichts schulische Rahmenbedingungen widerspiegeln. Der Ort des Unterrichtsgeschehens wird als qualitative Kategorie erfasst und fließt damit nicht in die Kodierung der Videodaten ein.

indem die nunmehr als wichtig benannten Kategorien mit den zuvor entwickelten verglichen und ggf. Ergänzungen vorgenommen wurden.

Für die Typisierung der Handlungsmuster wurden bei der Indikatorenentwicklung die Pole der Instruktion und Konstruktion zugrunde gelegt (vgl. Mandl, Reinmann-Rothmeyer & Gräsel 1998, Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998; Reusser, 1999). Die Kategorien der Indikatoren spiegeln systematisch die Merkmale dieser Pole wider. Ein Mischtyp der Problemorientierung lässt sich zwischen den Polen „konstruktivistisch“ und „instruktional“ verorten (vgl. Tulodziecki, Herzig & Blömeke, 2004).

Der instruktionale Typus zeichnet sich vor diesem Hintergrund durch die Merkmale Frontalunterricht, linear-systematisches Vorgehen, Anleiten der Schülerinnen und Schüler, Steuerung des Lernprozesses, Präsentieren von Wissen, Erklären, strenge Fächergrenzen und hohe Bedeutung der Lernerfolgskontrolle aus. Übertragen auf den IKT-Einsatz im Unterricht könnte ein instruktionales Unterrichtskript wie folgt beschrieben werden: Die Grundlagen des neuen Themengebietes werden kleinschrittig erarbeitet. Zu deren Präsentation verwendet die Lehrperson PC und Beamer, die sie selbst steuert. Die Schülerinnen und Schüler folgen der Präsentation. Der Klassenunterricht wird vor allem durch Phasen der Einzelarbeit unterbrochen, in denen das im Klassengespräch erworbene Wissen individuell eingeübt wird. In diesen Stillarbeitsphasen arbeiten die Schülerinnen und Schüler an PCs und erarbeiten die Aufgabenlösung. Anschließend werden die Ergebnisse mit der „richtigen“ Lösung verglichen.

Ein radikal-konstruktivistischer Unterricht im Sinne der entsprechenden Erkenntnistheorie ist für institutionalisierte Lehr-Lernprozesse nicht sinnvoll darstellbar. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Lehrpersonen in der Unterrichtssituation mindestens insofern gefordert sind, dass sie eingangs einer Unterrichtsstunde Hinweise zu deren Gestaltung geben, lassen sich folgende Merkmale konstruktivistischen Unterrichts festhalten: Ausgehen von authentischen Problemen („situiertes Lernen“), instruktionale Abstinenz im weiteren Verlauf des Lernprozesses, individualisierte Wissenskonstruktion, exploratives Lernen, Lernen in fächerübergreifenden Projekten, Selbstevaluation der Schülerinnen und Schüler. Ein entsprechender Typus könnte in Bezug auf den IKT-Einsatz im Unterricht wie folgt dargestellt werden: Der Unterrichtsablauf ist offen gestaltet. Eingesetzt werden v.a. Datenbestände, Simulationen, Informationsangebote mit einer Hypertext-Struktur und Kooperationsumgebungen (Gruber et al., 1992; Reusser, 2003), die die Schülerinnen und Schüler selbst steuern. Im Sinne einer sozial-konstruktivistischen Unterrichtsgestaltung (vgl. Vygotskij 1993) wird Wissen in einem sozialen Prozess als gemeinsam geteilte Bedeutung entwickelt, so dass beim Lernen mit IKT auch kooperatives Lernen eine bedeutsame Rolle spielt.

Ein problemorientierter Typus weist wesentliche Merkmale des konstruktivistischen auf, unterscheidet sich von diesem allerdings durch stärkere instruktionale Präsenz der Lehrperson in entscheidenden Unterrichtsphasen: Aktivierung von Vorwissen nach der Präsentation des einleitenden authentischen Problems, Fokussierung des Lernprozesses durch gemeinsame Verständigung von Lehrperson und Schülern über das Vorgehen, Vereinbaren von Zielen für die Unterrichtsstunde und Klärung ihrer lebensweltlichen Bedeutsamkeit, Beratung der Schülerinnen und Schüler bei der Erarbeitung von

Grundlagen, Zusammenfassungen und Ergebnissicherungen am Ende einer Unterrichtsstunde sowie deren Reflexion.

### 2.3 Zusammenfassung und Fragestellungen

Medienpädagogische, kognitions- und instruktionspsychologische Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass neuen Medien ein lernförderliches Potenzial innewohnt, da sie ein Ausgehen von authentischen Problemen ermöglichen, die individuelle Tätigkeit der Schülerinnen und Schüler fördern und ihnen die Gelegenheit zum Aufbau kognitiver Flexibilität bieten. Die Forschungsergebnisse weisen aber auch darauf hin, dass nicht das Medium, sondern die mit dem Medium realisierte Lehrmethode für den Lernerfolg ausschlaggebend zu sein scheint. Hier zeichnet sich ab, dass IKT in überlieferte didaktische Konzeptionen integriert werden. Als ursächlich hierfür können handlungsleitende kognitive Strukturen der Lehrpersonen gesehen werden. Im H-A-M-L-E-IKT-Projekt werden daher mithilfe von Videoanalysen Unterrichtskripts im kognitionspsychologischen Verständnis analysiert. Bei solchen Skripts handelt es sich um mentale Repräsentationen, die nicht beobachtbar sind, so dass Indikatoren entwickelt werden müssen, mit deren Hilfe ein Rückschluss auf die Strukturelemente Akteur, Objekt, Tätigkeit, Ort und Ergebnis möglich ist. Die Kategorien der einzelnen Indikatoren ermöglichen eine Typisierung der didaktischen Orientierung der Unterrichtsskripts.

Derzeit kann noch keine Antwort auf die Frage gegeben werden, welche Unterrichtsskripts identifiziert werden können, da diese eine Kombination aller Strukturelemente (Akteur, Objekt, Tätigkeit und Ergebnis) darstellen und solche Daten noch nicht vorliegen. Der Fokus des vorliegenden Beitrags liegt daher auf dem Strukturelement „Objekt“ und hier im Besonderen auf den IKT.

Aus methodischer Perspektive stellt sich für den vorliegenden Beitrag zum einen die Frage, mit Hilfe welcher Indikatoren auf dieses Strukturelement geschlossen wird (**A1**) und wie hoch das Übereinstimmungsmaß zwischen drei unabhängigen Beobachtern bei der niedrig-inferenten Kodierung dieses Elements ist (**A2**). In inhaltlicher Hinsicht ergibt sich zur anderen Fragestellung für den Beitrag:

**(B)** Welche objektbezogenen Merkmale des IKT-Einsatzes im Unterricht lassen sich bei den sieben Mathematiklehrpersonen finden?

Diese Fragestellung lässt sich wie folgt spezifizieren:

**(B1)** Wie häufig wird IKT über die gesamte Unterrichtsstunde hinweg gesehen eingesetzt?

**(B2)** Welche traditionellen Medien werden während der Phasen des IKT-Einsatzes zusätzlich eingesetzt

**(B3)** Welcher IKT-Typ wird eingesetzt?

**(B4)** Wer steuert das Medium?

**(B5)** Welcher didaktischen Funktion unterliegt der Einsatz von IKT?

**(B6)** In welchen Unterrichtsphasen wird IKT bevorzugt eingesetzt?

**(B7)** Ergeben sich erste Hinweise auf typische Kombinationen hinsichtlich Typ, Funktion, Steuerung und Unterrichtsphase beim IKT-Einsatz im Unterricht?

### 3 Methodischer Teil

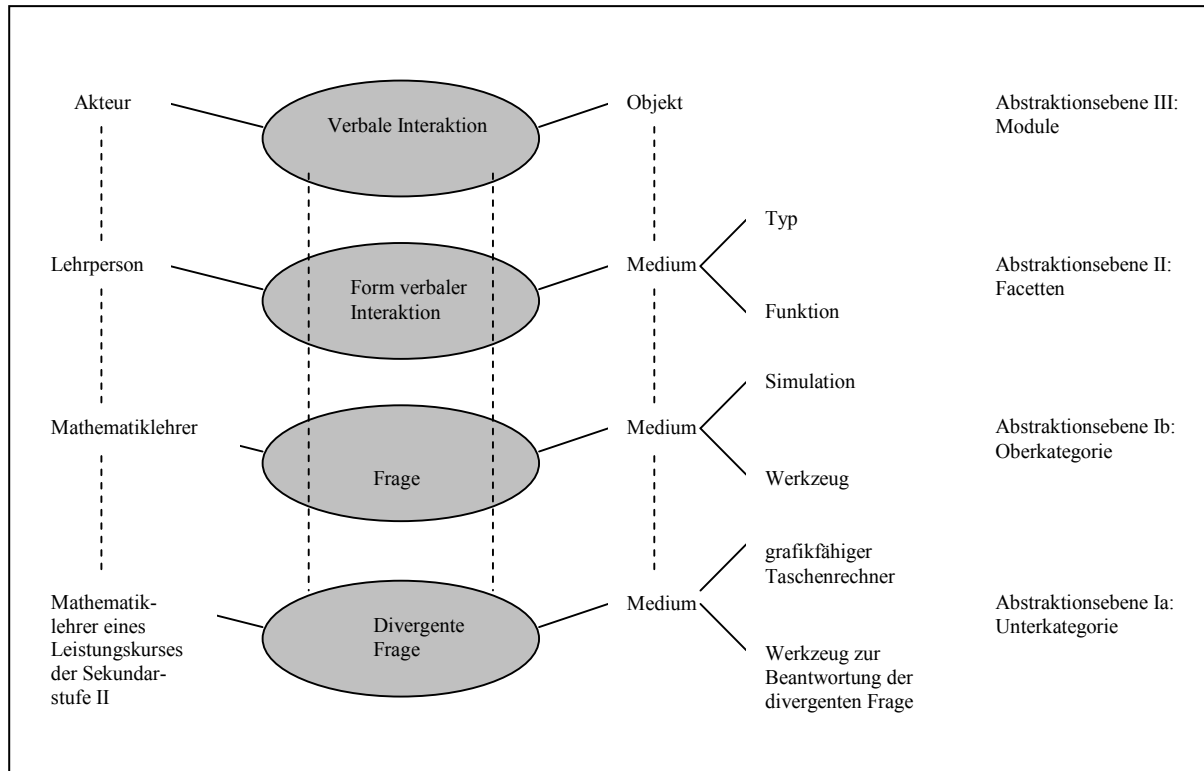
#### 3.1 Operationalisierung (A1)

Das Kategoriensystem ist in sechs Module unterteilt, welche zu Facetten und schließlich zu Kategorien spezifiziert werden. Module stellen innerhalb des Kategoriensystems die höchste Abstraktionsebene dar, während Facetten und Kategorien niedrigere Abstraktionsebenen bezeichnen. Die Berücksichtigung unterschiedlicher Niveaus eröffnet die Möglichkeit, Unterrichtsskripts unterschiedlich abstrakt darzustellen (zu unterschiedlichen Abstraktionsebenen kognitiver Strukturen vgl. Klix, 1992). In Abbildung 1 werden die Ebenen hinsichtlich des Abstraktionsniveaus anhand eines Beispiels verdeutlicht. Die Kodierung des Videomaterials erfolgt als niedrig-inferente Beobachtung auf kategorialer Ebene.

Zu den Aeblichen Strukturelementen wurden folgende Indikatoren entwickelt:

- Akteur: Lehrperson, Schüler
- Objekt: Medium (differenziert in: Medientyp, IKT-Typ, IKT-Konzept, IKT-Funktion, IKT-Steuerung), Aufgaben (differenziert in: kognitive Aufgabenqualität, Aufgabendifferenzierung, didaktische Aufgabenqualität)
- Tätigkeit: Sozialform, verbale Interaktion (differenziert in: Inhalt, Form)
- Ergebnis: i.S. von Teilhandlungen, die Voraussetzung für das weitere Vorgehen sind, Ergebnissicherung am Ende der Stunde

Im Folgenden wird die Operationalisierung des Strukturelements „Objekt“ beschrieben. In Bezug auf dieses lassen sich prinzipiell zwei Stränge unterscheiden: zum einen die Kodierung medialer Merkmale und zum anderen die Kodierung didaktischer Merkmale des Medieneinsatzes im Unterricht. Dieser doppelte Zugang liegt in der Erkenntnis begründet, „dass den neuen Medien das Potenzial zu Innovationen im Bildungsbereich nicht ‚innewohnt‘ und Innovationen nicht durch Medien ‚bewirkt‘ werden können. Sie sind vielmehr Resultat bestimmter didaktischer Konzepte und ihrer Umsetzung in der Bildungspraxis“ (Kerres, 2000, S. 19). Vor diesem Hintergrund ist es wenig sinnvoll, Paradigmen, die IKT zugrunde liegen, allein zu analysieren, da in der schulischen Realität bspw. trotz einer instruktionalen Grundstruktur des Medienangebots eine Integration in ein konstruktivistisches Unterrichtsskript erfolgen kann. Zum ersten Analysestrang, den medialen Merkmalen, gehört die Bestimmung des Medientyps und des IKT-Typs. Zum zweiten Analysestrang, den didaktischen Merkmalen, gehört die Bestimmung des IKT-Konzepts, der IKT-Funktion und der IKT-Steuerung.



**Abbildung 1: Abstraktionsebenen der Strukturelemente einer Handlungsfolge in Anlehnung an die Klixsche Darstellung von Ereignisbegriffen (vgl. Klix, 1992)**

### Medientyp

Zwar bilden neue Medien den Mittelpunkt der Studie, dennoch gehört zu einer vollständigen Beschreibung des hybriden Charakters der Unterrichtsstunden die Erfassung auch der anderen, traditionellen Medien. Im Hinblick auf Unterrichtsskripts interessiert insbesondere die Kombination von IKT, traditionellen Medien und personalem Unterricht. Die Kategorien wurden in Anlehnung an Tulodziecki (1997) entwickelt.

- |              |                    |               |                  |
|--------------|--------------------|---------------|------------------|
| Kategorie 0: | nicht kodierbar    | Kategorie 7:  | Tonträger        |
| Kategorie 1: | kein Medieneinsatz | Kategorie 8:  | Bild             |
| Kategorie 2: | Tafel/ Whiteboard  | Kategorie 9:  | Film/Video       |
| Kategorie 3: | Arbeitsblatt       | Kategorie 10: | IKT              |
| Kategorie 4: | Buch               | Kategorie 11: | sonstige         |
| Kategorie 5: | Modell/ Experiment | Kategorie 99: | nicht zuordenbar |
| Kategorie 6: | Folie              |               |                  |

### IKT-Typ

Mit dieser Facette wird auf die Art des verwendeten neuen Mediums fokussiert. Die Nutzung unterschiedlicher IKT bietet unterschiedlichen Raum an kognitiver Aktivierung auf Seiten des Lerners, an Selbststeuerung und an Möglichkeiten zur Erarbeitung neuer Inhalte. Herrlich und Tulodziecki (2002, S. 25) machen darauf aufmerksam: „Hinter einer multimodal aufwendig gestalteten Software verbergen sich (...) häufig einfache Lernprogramme mit einer mehr oder weniger strengen und kleinschrittigen Abfolge von Aufgabenstellung, Antwort und Erfolgsmeldung.“ Nach Herrlich & Tulodziecki (2002) erfolgt folgende Typisierung von IKT:



Kategorie 0: nicht kodierbar	Kategorie 5: Datenbestand
Kategorie 1: Übungsprogramm	Kategorie 6: Simulation
Kategorie 2: Lehrprogramm	Kategorie 7: Kooperationsumgebung
Kategorie 3: Offenes Lehrsystem	Kategorie 8: Werkzeugprogramm
Kategorie 4: Lernspiel	Kategorie 99: nicht zuordenbar

Im Folgenden werden ausschließlich die Kategorien näher erläutert, die für das Verständnis der Ergebnisdarstellung in Kapitel 4 notwendig sind.

#### *Kategorie 6: Simulation*

Simulationsprogramme dienen der Demonstration oder Veranschaulichung komplexer mathematisch-naturwissenschaftlicher, technischer, sozialer, ökonomischer oder ökologischer Zusammenhänge. z.B. MathPlus. Im Mathematikunterricht werden unter diese Kategorie auch grafikfähige Taschenrechner gefasst. Diese ermöglichen im Gegensatz zu herkömmlichen Taschenrechnern die Darstellung von Grafiken, welche durch die Eingabe und Veränderung von Parametern simultan veränderbar sind.

#### *Kategorie 8: Werkzeugprogramm*

Programme, die als Werkzeug dienen, sind inhaltlich und didaktisch neutral. Sie dienen der Bearbeitung von Texten, Bildern etc., z.B. WORD, EXCEL, Power Point, MacroMedia.

### IKT-Konzept

Unter mediendidaktischen Gesichtspunkten erfolgt die Kodierung des IKT-Konzepts, um Aufschluss über die Möglichkeiten zum selbstgesteuerten Lernen und über den Grad kognitiver Aktivierung seitens der Lerner zu erhalten. Es handelt sich um fünf Medienkonzepte, dabei nimmt in aufsteigender Reihenfolge die Möglichkeit für die Schülerinnen und Schüler zu, selbstgesteuert zu arbeiten (vgl. Tulodziecki, 1997):

Kategorie 0: nicht kodierbar	Kategorie 4: Lehrsystemkonzept
Kategorie 1: Lehrmittelkonzept	Kategorie 5: Lernumgebungskonzept
Kategorie 2: Arbeitsmittelkonzept	Kategorie 99: nicht zuordenbar
Kategorie 3: Bausteinkonzept	

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse und der anschließenden Diskussion sollen die folgenden drei Kategorien erläutert werden.

#### *Kategorie 1: Lehrmittelkonzept*

Das Lehrmittelkonzept umfasst v.a. die Verwendung einzelner visueller Medien, wie z.B. Fotos, Bilder, Dias, PowerPointPräsentationen. Sie werden als Werkzeuge für das Lehren eingesetzt und sind in ihren Einsatzmöglichkeiten flexibel.

#### *Kategorie 2: Arbeitsmittelkonzept*

Medien werden als Materialien für das Lernen benutzt, wobei in der Regel eine Bindung der Lernenden durch ausdrückliche und materialimmanente Aufgaben erfolgt, z.B. Bearbeitung einer Aufgabe mit Hilfe von Quellen, SPSS und EXCEL.

#### *Kategorie 5: Lernumgebungskonzept*

Charakteristisch für dieses Konzept ist die aktive Auseinandersetzung von Lernenden mit ihrer Lernumwelt. Insgesamt geht es darum, dass die Schüler mit komplexen Aufgaben Problemanalysen durchführen und Problemlösungen erarbeiten. Dabei erarbeiten sie sich die Informationen, die sie für die Problembewältigung brauchen, selbstständig. Verschiedene mediale Elemente, z.B. hypermediale Arbeitsumgebungen, können Elemente des Systems sein.

### IKT-Funktion

Eine weitere didaktische Analyse erfolgt im Hinblick auf die Funktion des IKT-Einsatzes. Folgende Funktionen kann dieser haben (Herrlich & Tulodziecki, 2002):

Kategorie 0: nicht kodierbar	Kategorie 6: Aufgabenlösung
Kategorie 1: Präsentation	Kategorie 7: Lernhilfe
Kategorie 2: Informationsquelle	Kategorie 8: Leistungskontrolle
Kategorie 3: Werkzeug	Kategorie 9: On-Modus
Kategorie 4: Kommunikation	Kategorie 10: Unterrichtsgegenstand
Kategorie 5: Dokumentation	Kategorie 99: nicht zuordenbar

Mit den Kategorien eins bis acht sind typische mediendidaktische Funktionen bezeichnet, während die zehnte Kategorie die Funktion der Medienerziehung umfasst. Kategorie 9 ist mit keiner medienpädagogischen Funktion belegt, es handelt sich um eine empirische Kategorie. Im Folgenden werden erneut ausschließlich die Kategorien differenziert beschrieben, welche zum Verständnis der Ergebnisse notwendig erscheinen.

#### *Kategorie 1: Präsentation*

Informationen werden mit Hilfe von IKT (z.B. durch eine PowerPointPräsentation) dargelegt. Die Medien können dabei die Aufgabe zeigen oder neue Inhalte für die weitere Auseinandersetzung präsentieren.

#### *Kategorie 3: Werkzeug*

Es handelt sich hierbei um Programme, die für die Erstellung eines Produkts oder zur Aufgabenlösung herangezogen werden, z.B. SPSS oder EXCEL.

#### *Kategorie 9: On-Modus*

IKT werden ohne spezifische medienpädagogische Funktion eingesetzt, da sie sich in betriebsbereitem Zustand befinden, aber nicht genutzt werden.

#### *Kategorie 10: Unterrichtsgegenstand*

Ein Medium (z.B. Software) wird zum Unterrichtsgegenstand, wenn die Schülerinnen und Schüler in ein Programm eingeführt werden, um damit später anstehende Aufgaben zu bewältigen. Des Weiteren wird IKT zum Unterrichtsgegenstand, wenn es darum geht, die Medienkompetenz zu fördern, indem z.B. eine Zeitung produziert oder mediale Manipulationstechniken analysiert werden.

### Mediensteuerung

Aus didaktischer Sicht stellt die Förderung selbstgesteuerten Lernens ein bedeutsames Potenzial neuer Medien dar. Um Aussagen über die Aktivität der Lernenden beim IKT-Einsatz im Unterricht treffen zu können, wird als Indikator herangezogen, durch wen das neue Medium gesteuert wird. Geschieht dies seitens der Schülerinnen und Schüler oder sind sie eher in einer passiven Rolle, indem die Lehrperson das Medium bedient? Aus sozial-konstruktivistischer Sicht kann zudem festgehalten werden, dass eine Steuerung durch Schülergruppen bedeutsam ist. Folgende Kategorien können deshalb festgehalten werden:

Kategorie 0: nicht kodierbar

Kategorie 3: Schülergruppen

Kategorie 1: Lehrperson

Kategorie 99: nicht zuordenbar

Kategorie 2: Einzelschüler

An dieser Stelle soll darauf aufmerksam gemacht werden, dass es sich wie bei allen bisher dargestellten Kategorien um disjunkte Kategorien handelt. Es ist also möglich, dass während eines Zeittaktes sowohl die Lehrperson als auch Schüler bzw. Schülergruppen das Medium steuern.

### Unterrichtsphasen

Das Vorhandensein, die Sequenzierung und der Umfang von Unterrichtsphasen stellen aus didaktischer Perspektive wichtige Indikatoren für die Typisierung von Unterrichtsskripts dar. Einem Projekt, das sich aus forschungsökonomischen Gründen zunächst einmal auf die Videographierung einer Unterrichtsstunde pro Lehrperson begnügen muss, sind hier Grenzen gesetzt, da die Durchführung aller Unterrichtsphasen über eine Stunde hinausgeht. Dennoch handelt es sich im Sinne einer Hintergrundfolie um eine wichtige Analyseeinheit, um das Zusammenspiel von Phasen und IKT-Einsatz analysieren zu können. Folgende Kategorien wurden in Anlehnung an Tulodziecki, Herzig & Blömeke (2004) entwickelt:

Kategorie 0: nicht kodierbar

Kategorie 1: Hausaufgaben/Wiederholung

Kategorie 2: Thema/Aufgabenstellung

Kategorie 3: Vorwissen

Kategorie 4: Zielvereinbarung und Bedeutsamkeit

Kategorie 5: Verständigung über das Vorgehen

Kategorie 6: Erarbeitung der Grundlagen

Kategorie 7: Aufgabenlösung

Kategorie 8: Vergleich der Lösungen

Kategorie 9: Zusammenfassung und Ergebnissicherung

Kategorie 10: Anwenden

Kategorie 11: Üben und Wiederholen

Kategorie 12: Weiterführung und Bewertung

Kategorie 13: Leistung kontrollieren

Kategorie 99: nicht zuordenbar

### 3.2 Beobachterübereinstimmung bei der niedrig-infernten Videoanalyse (A2)

Die Videoanalyse wird in zwei Durchgängen durchgeführt. Hierbei erfolgt im ersten Durchgang die Kodierung der allgemein- und mediendidaktischen Kategorien. Gegenstand des vorliegenden Beitrags sind in diesem Zusammenhang die Indikatoren für das Strukturelement „Objekt“. In einem zweiten Durchgang kommt es zur Kodierung der verbalen Interaktion. Für die Analyse der Videos mithilfe des ersten Kategoriensystems wurde ein Zeitstichprobenplan gewählt, in dem das gesamte Videomaterial in 1-Minuten-Einheiten kodiert wird. Bei der Erprobung des Kategoriensystems hat sich diese Zeittaktung als hinreichend herauskristallisiert. Im Anschluss an eine Beobachtererschulung erfolgte die Überprüfung der Übereinstimmung dreier unabhängiger Beobachter hinsichtlich ihrer *ratings* für mindestens zehn Prozent der Gesamtstichprobe des Projekts (i.e. vier von dreißig Unterrichtsstunden). Für die Übereinstimmung von jeweils zwei Beobachtern wird *Cohens Kappa* ( $\kappa$ ) als Maß herangezogen. Zusätzlich wird die prozentuale Übereinstimmung ( $\ddot{U}\%$ ) zwischen den drei Beobachtern berechnet. Die erzielten Übereinstimmungsmaße für die einzelnen Kategorien sind als gut bis sehr gut einzuschätzen (Tabelle 1)<sup>4</sup>.

Sehr gute Übereinstimmungen bei allen drei Beobachtern werden für die Kategorien „Unterrichtsphasen“, „Arbeitsblatt-Einsatz“, „Buch-Einsatz“, „Folien-Einsatz“, „IKT-Einsatz“, „IKT-Typ“, „IKT-Steuerung: Schüler“ und „IKT: Didaktische Funktion“ erzielt. Nur zufrieden stellende bis gute Übereinstimmungen werden bei der Kategorien „IKT-Konzept“ ( $.55 \leq \kappa \leq .85$ ) deutlich. Bei der Kodierung zeigte sich, dass das IKT-Konzept nur schwer innerhalb der ersten Minuten einzuschätzen ist. Daraus ist zu schlussfolgern, dass es sich bei dem IKT-Konzept um eine Kategorie handelt, die sinnvollerweise nicht niedrig-inferent erfasst wird, sondern nur aus dem Zusammenhang über einen längeren Zeitraum zu erschließen ist. Aus diesem Grund wird das IKT-Konzept im Folgenden nicht mehr in die Auswertungen einbezogen, sondern stellt in der abschließenden Diskussion einen Bezugspunkt dar.

Des Weiteren zeigt Tabelle 1, dass zwischen den drei Beobachtern bei der Kodierung der Kategorien „Tafel-Einsatz“ ( $.54 \leq \kappa \leq .80$ ), „IKT-Steuerung: Lehrer“ ( $.53 \leq \kappa \leq .83$ ), „IKT-Steuerung: Schülergruppen“ ( $.68 \leq \kappa \leq .84$ ) und „IKT: Erzieherische Funktion“ ( $.65 \leq \kappa \leq .87$ ) nur zufrieden stellende bis gute Übereinstimmungswerte auftreten. Hier sind zum einen technische Begrenzungen der Videoaufnahmen als Ursache anzugeben, da manchmal nicht eindeutig eingeschätzt werden kann, ob z.B. der Lehrer die Computermouse bedient oder sich auf der Tischplatte abstützt. Zum anderen muss bemerkt werden, dass in den analysierten Videos zum Teil keine explizite Vorgabe der Lehrperson für die Sozialform (i.S. einer Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit) erfolgt, so dass innerhalb einer Klasse ein von den Schülern selbst vorgenommener Wechsel zwischen Einzelschülersteuerung bzw. Schülergruppensteuerung die Zuordnung für die Beobachter erschwert.

<sup>4</sup> Die Berechnung von Cohens Kappa für die Kategorien, die traditionelle Medien erfassen, ist mit Ausnahme der Kategorie „Arbeitsblatt“ und „Tafel“ aufgrund fehlender Varianz nicht möglich. Die Kategorien „Buch“ und „Folie“ sind beispielhaft in Tabelle 1 aufgeführt, da diese bei der weiteren Datenanalyse innerhalb dieses Artikels betrachtet werden.

**Tabelle 1: Beobachterübereinstimmung im Bereich der objektbezogenen Kategorien**

Kategorie	Beobachtungsintervalle	$\kappa$ : Beobachter (1) und (2)	$\kappa$ : Beobachter (1) und (3)	$\kappa$ : Beobachter (2) und (3)	Ü% für (1), (2) und (3)	
Unterrichtsphasen	176	.88	.89	.87	88	
Arbeitsblatt-Einsatz	176	.87	.92	.91	95	
Tafel-Einsatz	176	.77	.54	.80	92	
Buch-Einsatz	176	-	-	-	98	
Folien-Einsatz	176	-	-	-	98	
IKT-Einsatz	176	.78	.77	.74	85	
IKT-Typ	176	.95	.76	.77	83	
IKT-Konzept	176	.85	.55	.65	72	
IKT-Steuerung	Lehrer	176	.83	.53	.54	74
	Schüler	176	.85	.72	.74	81
	Schülergruppe	176	.84	.68	.75	79
IKT: Erzieherische Funktion	176	.79	.65	.68	80	
IKT: Didaktische Funktion	176	.87	.73	.84	80	

Zusammenfassend kann die Reliabilität des objektbezogenen Kategoriensystems als gut eingeschätzt werden.

### 3.3 Design und Stichprobe

In der Zeit von Januar 2003 bis zu den Sommerferien im Juli sowie im Zeitraum von Dezember 2003 bis März 2004 wurden Unterrichtsvideos von 24 Lehrerinnen und Lehrern (3 Lehrerinnen und 21 Lehrer) aus sechs Bundesländern (Berlin, Brandenburg, Baden-Württemberg, Nordrhein Westfalen, Hessen, Bayern und Niedersachsen) in 30 Unterrichtsstunden aufgenommen und Interviews mit den Lehrerinnen und Lehrern durchgeführt. Dabei setzt sich die Stichprobe aus 12 Mathematik-, 6 Deutsch- und 6 Informatiklehrerinnen und -lehrern der Sekundarstufe II zusammen. Neben der Variation des Unterrichtsfaches wurde der Expertisegrad hinsichtlich des Einsatzes von IKT im Unterricht variiert. Im Fach Mathematik wurden Lehrpersonen mit hoher Expertise (6 Lehrpersonen) und niedriger Expertise (ebenfalls 6 Lehrpersonen) videographiert und interviewt. Die Lehrpersonen der Stichprobe wurden zum einen über bestehende Kontakte zur Schulpraxis und zum anderen über Veröffentlichungen in Verbands- und Fachzeitschriften geworben. Die technische Umsetzung der Datenerhebung erfolgte für die Aufnahme der Unterrichtsfilme in Anlehnung an die Regeln für Videoaufnahmen der TIMS Videostudie und des IPN, indem eine Videokamera mit zwei Mikrofonen verwendet wurde, die aus der Schülerperspektive auf die Lehrperson gerichtet ist – mit Ausnahme von Situationen, in denen Schüler Lehrfunktionen übernehmen (vgl. Stigler, 1999; Seidel, Dalehefte & Meyer, 2001).

Die Analysen der in diesem Beitrag veröffentlichten Ergebnisse beziehen die zum jetzigen Zeitpunkt fertig gestellten Kodierungen von sieben der insgesamt zwölf vide-

ographierten Mathematikunterrichtsstunden ein. Im Folgenden werden wichtige Informationen zu den Lehrpersonen der Analysestichprobe überblicksartig dargestellt.

*Lehrperson 1:* Die Lehrperson behandelt über 45 Minuten in einem Mathematik-Grundkurs der Sekundarstufe II eine Kurvendiskussion von gebrochen-rationalen Kurvenscharen. In dem Kurs befinden sich 15 Schülerinnen und Schüler. Die Unterrichtsstunde dient der Vorbereitung einer nahe liegenden Klausur. Im Unterrichtsraum stehen den Personen ein PC und ein Beamer zur Verfügung.

*Lehrperson 2:* Die Lehrperson unterrichtet in der Jahrgangsstufe 12 eines Gymnasiums. In dem Kurs sind 20 Schülerinnen und Schüler. Thema der 45-minütigen Unterrichtsstunde ist ein Verfahren zur Bestimmung von Nullstellen. Dem Lehrer stehen ein PC und Beamer zur Verfügung.

*Lehrperson 3:* Die 45-minütige Unterrichtsstunde zeigt den Mathematikunterricht eines Grundkurses der Jahrgangsstufe 12 eines Gymnasiums zum Thema „Funktionsuntersuchungen“. Die 19 Schülerinnen und Schüler des Kurses bearbeiten in der Unterrichtsstunde das Thema: Bestimmung von Schnittstellen einer Funktion. Die Unterrichtsstunde findet im Computerraum der Schule statt.

*Lehrperson 4:* Die Lehrperson unterrichtet einen Kurs der Sekundarstufe II mit 14 Schülerinnen und Schülern zum Thema: Statistische Auswertungsverfahren und Darstellungsweisen. Während der Unterrichtsstunde (40 Minuten) werden grafikfähige Taschenrechner verwendet.

*Lehrperson 5:* Die Lehrperson führt eine Unterrichtsstunde (42 Minuten) in einer Klasse mit 22 Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II durch. Während der gesamten Unterrichtszeit wird das Thema „Funktionsuntersuchungen“ behandelt. Die Unterrichtsstunde findet im Computerraum der Schule statt.

*Lehrperson 6:* Die 45-minütige Unterrichtsstunde stellt den Ausschnitt einer Projektarbeit im Mathematikunterricht eines Leistungskurses der Jahrgangsstufe 13 über mehrere Unterrichtsstunden hinweg dar. Die 20 Schülerinnen und Schüler arbeiten zum Thema Statistik (mithilfe des Programms „Grafstat 2000“). Die Unterrichtsstunde wurde im PC-Raum der Schule durchgeführt.

*Lehrperson 7:* Der videographierte Mathematikunterricht der Jahrgangsstufe 13 eines Gymnasiums zeigt eine 45minütigen Unterrichtsstunde zum Thema Funktionsuntersuchungen. Während der Unterrichtsstunde werden grafikfähige Taschenrechner verwendet. In dem Kurs befinden sich 15 Schülerinnen und Schüler.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Verwendung von Medien (B1, B2)**

In 92,8 Prozent der videographierten Unterrichtszeit wird IKT verwendet. Die bisherigen Ergebnisse der Videoanalysen deuten darauf hin, dass im Mathematikunterricht an traditionellen Medien v.a. die Tafel, das Arbeitsblatt, das Buch und die Folie zusätzlich eingesetzt werden. In unserer Studie werden die Tafel 28 Minuten (9,8% der Zeit,

in der IKT verwendet wird), das Arbeitsblatt 85 Minuten (29,8%), das Buch 46 Minuten (16,1%) und die Folie 4 Minuten (1,4%) lang genutzt.<sup>5</sup>

#### **4.2 IKT-Typ, IKT-Funktion und IKT-Steuerung (B3-B5)**

Abbildung 2 gibt einen Überblick über den IKT-Typ, die IKT-Funktion und die IKT-Steuerung in den Unterrichtsstunden der untersuchten Mathematiklehrpersonen. Die über 307 Minuten (Zeittakte der gesamten 7 Unterrichtsstunden) durchgeführten Häufigkeitsanalysen ergeben, dass IKT als Simulationsprogramm (36,5% der Zeit) und als Werkzeugprogramm (31,6%) eingesetzt werden. In 23,1% der Zeit sind die IKT betriebsbereit, werden aber nicht genutzt (On-Modus).<sup>6</sup>

Der IKT-Einsatz dient in 28,3% der Zeit der Präsentation und in 40,4% der Zeit als Werkzeug, um Aufgaben lösen zu können. Der On-Modus, in dem den IKT keine unterrichtliche Funktion zugrunde liegt, umfasst 22,5% der Zeit. Unter der Perspektive der erzieherischen Funktion des IKT-Einsatzes ergeben die Analysen, dass in 1,0% der Zeit IKT Unterrichtsgegenstand sind.

Die Mediensteuerung liegt während der 307 Minuten jeweils zwischen einem Viertel und einem Drittel der Zeit in den Händen der Lehrperson (23,8 %), der Schüler (34,9%) und der Schülergruppen (29%).

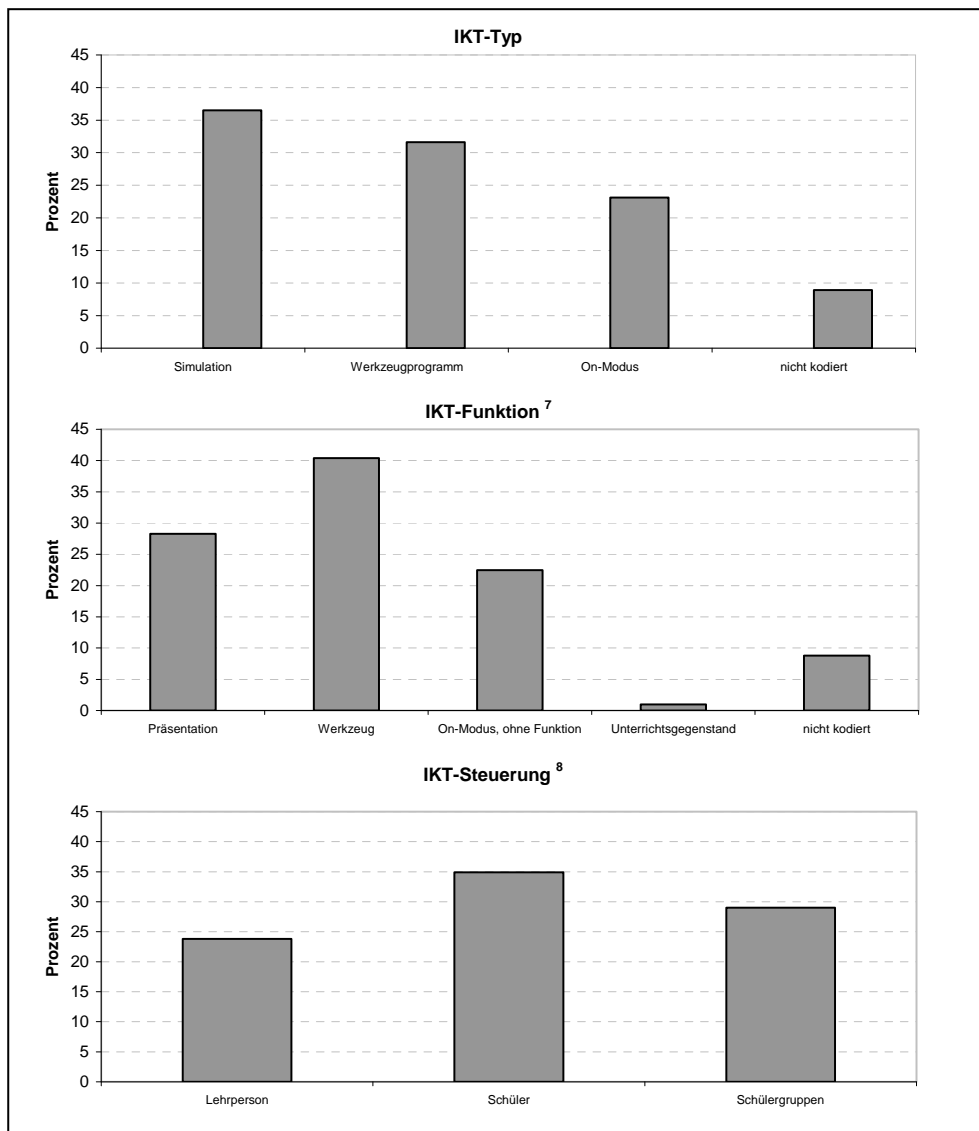
#### **4.3 Kombination von Unterrichtsphasen, IKT-Typ, -Funktion und -Steuerung (B6, B7)**

Im Folgenden werden relevante Ergebnisse hinsichtlich typischer Kombinationen von IKT-Typ, IKT-Funktion und Mediensteuerung dargestellt. Einen Überblick gibt Tabelle 2. Die bisherigen Ergebnisse der Videoanalysen zur Integration von IKT in den Mathematikunterricht deuten darauf hin, dass die Unterrichtsphasen „Erarbeitung der Grundlagen“ (24% der Zeit), „Aufgabenlösung“ (15%), „Vergleich der Lösungen“ (13%), „Anwenden“ (24%) und „Üben“ (13%) im Mathematikunterricht eine dominierende Rolle spielen. Im Gegensatz dazu konnten die Unterrichtsphasen „Hausaufgaben/ Wiederholung“, „Thema/ Aufgabenstellung“, „Vorwissen“, „Zielvereinbarung/ Bedeutsamkeit“, „Zusammenfassung/ Ergebnissicherung“ und „Weiterführen/ Bewerten“ nur in Einzelfällen über einen bzw. wenige Zeittakte identifiziert werden, so dass man nicht von Unterrichtsphasen i.S. der didaktischen Konzeption sprechen kann. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse hinsichtlich dieser Phasen bei der folgenden Darstellung nicht einbezogen. Sie bilden allerdings einen Gegenstand in der abschließenden Diskussion und Interpretation der Ergebnisse. Abbildung 3 gibt für jede Lehrperson einen Überblick über den Ablauf der videographierten Unterrichtsstunde hinsichtlich der Kategorie „Unterrichtsphasen“. Phasen ohne IKT-Einsatz sind durch ein Sternchen gekennzeichnet.

---

<sup>5</sup> Die berichteten Prozentangaben beziehen sich immer auf die Häufigkeit einzelner Zeittakte (1-Minuten-Takt) pro Kategorie.

<sup>6</sup> In der Kategorie „nicht kodiert“ sind die Kodierungen „nicht kodiert“, „nicht kodierbar“ und „nicht zuordenbar“ zusammengefasst.



**Abbildung 2: Häufigkeit der IKT-Typen, der IKT-Funktion und der IKT-Steuerung**

Greift man sich die als „prominent“ identifizierten Unterrichtsphasen heraus und analysiert die Häufigkeit der Verwendung von IKT hinsichtlich unterschiedlicher Merkmale zeigen sich folgende Hauptergebnisse: Werden IKT zur Erarbeitung von inhaltlichen Grundlagen eingesetzt, kommen verstärkt didaktisch und inhaltlich neutrale Werkzeugprogramme (76% der Zeit) wie Excel, PowerPoint etc. zum Einsatz. In nur 2% dieser Unterrichtsphase werden Simulationen verwendet. Die inhaltlichen Grundlagen des neuen Themengebietes werden in erster Linie präsentiert (79% der Zeit), und zwar unter Steuerung des Mediums durch die Lehrperson (70%), während die Schüler der Präsentation folgen. Nur zwei Prozent der Zeit steuern einzelne Schülerinnen und

<sup>7</sup> Da es sich bei der erzieherischen und didaktischen Funktion um zwei eigenständige Kategorien handelt, ist ein Aufsummierung der Prozentangaben beider Kategorien zu 100% nicht möglich.

<sup>8</sup> Obwohl es sich ebenfalls um jeweils drei disjunkte Einzelkategorien („Lehrperson“, „Schüler“, „Schülergruppen“) handelt, wurde zum Zweck einer besseren Anschaulichkeit die für jede Kategorie kodierte aktive Mediensteuerung dargestellt. Eine Aufsummierung der Häufigkeiten zu 100% ist aus diesem Grund nicht möglich.



Schüler das Medium. In 20% der Zeit dieser Unterrichtsphase sind IKT zwar aktiv i.S. des On-Modus, aber sie werden nicht zur eigentlichen Erarbeitung von Inhalten verwendet. Der medienerzieherischen Funktion von IKT als Unterrichtsgegenstand wird in den analysierten Mathematikunterrichtsstunden in der Phase der Erarbeitung der Grundlagen nur 2% der Zeit gewidmet. Dabei wird nur ein Teilaspekt von Medienkompetenz angesprochen, indem die Handhabung einer spezifischen Mathematiksoftware besprochen wird.

In Bezug auf die Phase der „Aufgabenlösung“ deuten die bisherigen Ergebnisse darauf, dass IKT gern als Werkzeug verwendet werden, indem eine vorgegebene Aufgabe mithilfe einer spezifischen Software gelöst wird (65% der Zeit). In dieser Phase wird das Medium vor allem von Schülergruppen (51%) gesteuert.

Die Phase des „Vergleichs der Lösungen“, die an die Phase der „Aufgabenlösung“ anschließt, konnte ebenfalls als eine häufig realisierte Unterrichtsphase identifiziert werden (13%). Den interessantesten Befund dieser Unterrichtsphase stellt die Verwendung von IKT als Simulation (45%) dar, der im Rahmen der Diskussion eingehend erörtert wird. Darüber hinaus finden die IKT-Typen Werkzeugprogramm (22%) und On-Modus (28%) Verwendung. Funktional werden die IKT in dieser Unterrichtsphase verstärkt zur Präsentation (55%) eingesetzt, in der Einzelschüler (22%) bzw. Schülergruppen (37%) das Medium steuern.

Sollen die Schüler ihr erworbenes Wissen anwenden, zeigt sich in den analysierten Mathematikstunden, dass verstärkt mit Simulationen (70%) gearbeitet wird. Wie auch schon in den zuvor dokumentierten Unterrichtsphasen kann ein hoher Zeitanteil des On-Modus (21%) festgestellt werden. IKT werden funktional als Werkzeug (68%) überwiegend in der Hand der Schüler (69%) bzw. Schülergruppen (42%) eingesetzt. Die Lehrperson steuert das Medium in 20% der Zeit dieser Unterrichtsphase.

In der Phase des „Übens“ tritt der IKT-Typ der Simulation noch stärker in den Vordergrund (90%). Auffällig ist ebenso die Verwendung des Mediums als Werkzeug, i.S. spezifischer Software zur Übung des Lösens bestimmter Aufgaben bzw. des zuvor erarbeiteten Inhalts (90%). In der überwiegenden Zeit dieser Unterrichtsphase steuern Schülergruppen (41%) bzw. Einzelschüler (90%) das Medium.

Häufigkeit/1	Hausaufgaben/Wiederholung	Thema/Aufgabenstellung	Vorwissen aktivieren	Zielvereinbarung/Bedeutungssankt	Verständigung über das Vorgehen	Erarbeitung der Grundlagen	Aufgabenlösung	Vergleich der Lösungen	Zusammenfassung/Ergebnissicherung	Anwenden	Üben	Weiterführen/Bewerten	Leistungskontrollieren
ICT-TYP	Simulation	50%	20%	100%	-	-	2%	45%	100%	70%	90%	100%	-
	Werkzeugprogramm	25%	15%	-	-	76%	65%	22%	-	2%	90%	-	-
	On-Moocus	-	50%	-	25%	20%	33%	28%	100%	21%	-	-	-
	Übungsprogramm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lehrprogramm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lehrprogramm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Offenes Lernsystem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lernspiel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Datenbestand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kooperationsumgebung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ICT-Funktion (didaktisch)	Präsentation	50%	25%	100%	-	79%	14%	55%	-	6%	90%	100%	-
	Werkzeug	-	15%	-	-	-	51%	12%	-	68%	90%	-	-
	keine didaktische Funktion	-	45%	-	25%	20%	33%	28%	100%	21%	-	-	-
	Informationsquelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kommunikation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Dokumentation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Aufgabenlösung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lehrhilfe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Leistungs-kontrolle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ICT-Funktion (erzieherisch)	Unterrichtsgegenstand	-	-	100%	-	2%	-	-	-	-	-	-	-
	Lehrperson	100%	30%	100%	-	70%	5%	4%	-	20%	20%	-	-
Mediensteuerung	Einzelrichter	-	30%	100%	-	2%	5%	22%	-	69%	90%	100%	-
	Schülergruppe	-	15%	-	-	-	51%	37%	-	42%	41%	-	-

1 Die dokumentierten Häufigkeiten summieren sich nicht auf 100%, da die Kategorien „nicht kodierbar“ und „nicht zuordenbar“ innerhalb der Tabelle nicht berücksichtigt wurden. Die fehlenden Prozente entfallen jeweils auf diese beiden Kategorien.

Tabelle 2: Überblick über alle ermittelten Häufigkeiten hinsichtlich der objektbezogenen Kategorien

L1	n.z.	T	Erarbeitung der Grundlagen		A	Erarbeitung der Grundlagen		A	EG					
L2	HA/Wdh.	T	n.z.	Erarbeitung der Grundlagen		Aufgabenlösung								
L3	T	Üben			VL	Ü	T	Üben	n.z.	VL	EG	T	Anwenden	
L4	n.z.	T	n.z.	Anwenden				n.z.	VL	n.z.	VL	WB	VL	Z
	*													
L5	T	VW	EG	T	Anwenden		Vergleich der Lösungen			T	Anwenden			
L6	T	n.z.	Aufgabenlösung						Vergleich der Lösungen					
L7	Üben	*	VVV	Üben				Vergleich der Lösungen						
Beginn der Unterrichtsstunde														
Ende der Unterrichtsstunde														
Legende: T Thema/Aufgabenstellung VL Vergleich der Lösungen WB Weiterführung/Bewertung Z Zusammenfassung * keine Verwendung von IKT VVV Verständigung über das Vorgehen EG Erarbeitung der Grundlagen HA/Wdh. Hausaufgaben/Wiederholung Ü Üben VW Vorwissen A Anwenden n.z. nicht zuzuordnen														

Abbildung 3: Überblick über den Unterrichtsablauf hinsichtlich der Kategorie „Unterrichtsphasen“ für jede Lehrperson, wobei in den mit einem \* gekennzeichneten Phasen kein Medieneinsatz erfolgt

## 5 Diskussion

In diesem Beitrag standen zwei Teilaspekte des H-A-M-L-E-IKT-Projektes im Mittelpunkt, indem zum einen die methodische Fragestellung hinsichtlich der Reliabilität des theoriegeleitet entwickelten Kategoriensystems zur Erfassung des Strukturelements „Objekt“ (Medium) und zum anderen inhaltliche Fragestellungen zum Einsatz von IKT im Mathematikunterricht untersucht wurden.

In Bezug auf die Interraterreliabilität ergaben sich gute Übereinstimmungswerte. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass sich mithilfe der Indikatoren die latenten Variablen der mentalen Repräsentation eines Unterrichtsskripts reliabel erfassen lassen. Unter Berücksichtigung der spezifischen technischen Anforderungen an solche Videoaufnahmen ließe sich die Reliabilität sogar noch steigern. Eine Ausnahme bildet der Indikator IKT-Konzept. Die nicht zufrieden stellenden Übereinstimmungswerte zwischen den drei Beobachtern deuten daraufhin, dass dieser Indikator stärkere Interpretationsleistungen erfordert und in einer niedrig-inferenten Zeittaktkodierung nur schwer erfassbar ist. Somit scheint es sich um einen Indikator zu handeln, der eher einer hochinferenten Beurteilung zugänglich ist. Die theoretische Validierung als zweites wichtiges Gütekriterium war zuvor durch Experten der Fachdidaktiken Mathematik, Deutsch und Informatik sowie der Allgemeinen und der Mediendidaktik erfolgt.

Auf inhaltlicher Ebene ergaben sich interessante Ergebnisse hinsichtlich der Verwendung von IKT im Mathematikunterricht, die im Folgenden diskutiert werden.

In Bezug auf die Annahme, dass sich durch den Umfang einzelner Unterrichtsphasen Hinweise auf ein instruktionales, problemorientiertes bzw. konstruktivistisches Unterrichtsskript ergeben, deutet sich an, dass insbesondere die für einen problemorientierten Unterricht relevanten Unterrichtsphasen der Aktivierung von Vorwissen, der gemeinsamen Verständigung von Lehrperson und Schülern über das Vorgehen, der Vereinbarung von Zielen für die Unterrichtsstunde und der Klärung ihrer lebensweltlichen Bedeutsamkeit, Zusammenfassungen und Ergebnissicherungen sowie der Reflexion der Unterrichtsstunde entweder nicht vorhanden sind oder nur über ein- bis zweiminütige Zeitsequenzen identifiziert werden können. Die Realisierung dieser Unterrichtsphasen, die die Unterrichtseinheit für die Schüler und Schülerinnen transparent machen und ihre Lebens- und Erfahrungswelt ansprechen sollen, wird dem didaktischen Anspruch der einzelnen Phasen nicht gerecht. Dies deutet daraufhin, dass auch bei einem Unterricht mit IKT eher traditionelle Unterrichtsskripts hinsichtlich der Realisierung der Unterrichtsphasen zum Tragen kommen.

Hinsichtlich des IKT-Einsatzes sollen die Wahl des IKT-Typs in Kombination mit der Unterrichtsphase und zum anderen die didaktische Komponente des IKT-Einsatzes diskutiert werden.

In der Fachdidaktik Mathematik wird beim Unterrichtsgegenstand „Funktionsuntersuchungen“ davon ausgegangen, dass ein problemorientiertes Vorgehen zu einem besseren Verständnis bei den Schülerinnen und Schülern führt. Vom Hofe (1998, S. 50) plädiert in diesem Zusammenhang dafür, dass den Schülerinnen und Schülern ein explorativer Umgang mit Funktionen ermöglicht werden müsse, denn es „spricht vieles dafür, dass es sich lohnt, Lernenden mehr Raum für eigenständige Arbeitsphasen

zu geben, in denen sie über eine längere Zeit hinweg in weitgehender Selbstorganisation arbeiten können und in denen der Lehrer aus seiner dominanten Rolle zurücktritt und vorübergehend die Position eines individuellen Betreuers einnimmt.“ Konkret meint dies eine didaktische Veränderung bei der Einführung des Themas Funktionsuntersuchungen insofern, als zu Beginn der Unterrichtseinheit Funktionen zuerst dynamisch dargestellt werden und Funktionsbegriffe erst später eingeführt werden. Gerade in der ersten Phase besitzt dabei eine IKT-gestützte Unterrichtsgestaltung ein besonderes Potenzial. Simulationsprogramme (z.B. MathPlus) ermöglichen es, Funktionen als bewegliche Objekte darzustellen, indem sie eine explorative Veränderung der Funktionsparameter mit einer simultanen Veränderung der Funktionsverläufe ermöglichen und damit der bisher vermittelte statische Eindruck von Funktionen vermieden werden kann (vgl. vom Hofe, 1996; Mössner, 2000).

Die Ergebnisse unserer Teilstichprobe deuten allerdings darauf hin, dass insbesondere Simulationsprogramme nicht in diesem Sinne eingesetzt werden und damit das Potenzial von IKT in dieser Unterrichtsphase möglicherweise verloren geht. Es konnte gezeigt werden, dass während der Erarbeitung der Grundlagen IKT zu 76% als Werkzeug zur Präsentation eingesetzt und von der Lehrperson gesteuert werden. Damit handelt es sich um ein Lehrmittelkonzept, in dem IKT offensichtlich v.a. das traditionelle Medium Tafel ersetzen. Dieser „Medienaustausch“ führt allerdings möglicherweise dazu, dass das traditionell geführte fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch (mit einer parallelen Entwicklung der Gedanken an der Tafel) in Richtung auf eine noch geringere Schüleraktivität verändert wird, da durch die Verwendung von bereits vorab durch die Lehrperson vorbereiteten PowerPointPräsentationen nun Lehrervorträge – diese zudem in höherem Tempo als zuvor – dominieren. Entgegen der mit IKT verbundenen didaktischen Hoffnungen nähme die Lehrperson also eine noch dominantere Rolle ein und würde sich von der Rolle des Moderators und Beraters weiter entfernen. Diese Hypothese wird in einem Folgeschritt geprüft, indem Unterrichtsstunden der beobachteten Lehrpersonen mit und ohne IKT-Einsatz verglichen werden.

Einen weiteren Hinweis auf die Berechtigung einer solchen Hypothese stellt das Ergebnis dar, dass Simulationen in der beobachteten Teilstichprobe nicht für eine explorative Erarbeitung der Grundlagen eingesetzt werden und somit der eigentlich Intention nicht genügen, sondern vorwiegend in den Phasen des Anwendens, Übens und Vergleichs der Lösungen genutzt werden.

Insgesamt deuten die inhaltlichen Ergebnisse darauf hin, dass der IKT-Einsatz in erster Linie in einem herkömmlichen Lehr- bzw. Arbeitsmittelkonzept umgesetzt wird. Das Potenzial von IKT ist aber vorrangig durch die Gestaltung des Unterrichts i.S. eines Lernumgebungskonzepts nutzbar, in dem das selbstgesteuerte Lernen der Schülerinnen und Schüler im Vordergrund steht.

In Bezug auf die angestrebte Analyse von Unterrichtsskript kann an dieser Stelle nur mit äußerster Vorsicht eine erste Vermutung angestellt werden. Auf der Grundlage der sieben analysierten Unterrichtsstunden lassen sich keine typischen Sequenzen identifizieren, die auf der Grundstruktur von Unterrichtsphasen beruhen. Dies kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass sich solche Unterrichtsskripts nicht anhand einer 45minütigen Unterrichtsstunde zeigen lassen, sondern sich auf größere Unterrichtsein-

heiten beziehen. Inwiefern Skripts für kleinere Einheiten existieren, wie z.B. für das Üben oder Anwenden, muss derzeit noch offen bleiben, da diese Frage erst durch die Analyse aller Strukturelemente anhand der gesamten Stichprobe unter Einbezug der unterschiedlichen Abstraktionsebenen der mentalen Repräsentation von Unterrichtsskripts beantwortet werden kann, entsprechende Daten aber noch nicht vorliegen.

## Literatur

- Aebli, H. (1980). Denken: das Ordnen des Tuns. Bd. 1: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie. Stuttgart: Klett.
- Aebli, H. (1983). Zwölf Grundformen des Lehrens. Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Stuttgart: Klett.
- Amidon E. & Hough, J. (1967). Interaction Analysis: Theory, Research and Application. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M. et al. (1997). TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske + Budrich
- Blömeke, S. (2002). Handlungsmuster von Lehrerinnen und Lehrern beim Einsatz neuer Medien im Unterricht der Fächer Deutsch, Mathematik und Informatik. Antrag auf Gewährung einer Sachbeihilfe bei der DFG.
- Blömeke, S. (2003). Lehren und Lernen mit neuen Medien. Unterrichtswissenschaft, 31, 1, S. 57-82.
- Bloom, B.S. (1972). Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich. Weinheim: Beltz.
- Crook, Ch. (1994). Computers and the Collaborative Experience of Learning. London/ New York: Routledge
- Engelkamp, J. & Pechmann, Th. (1993). Mentale Repräsentation. Bern u.a.: Verlag Hans Huber.
- Fischer, F. & Mandl, H. (2002). Lehren und Lernen mit ICT. In R. Tippelt (Hrsg.), Handbuch der Bildungsforschung (S. 627-641). Opladen: Leske + Budrich.
- Flanders, N. A. (1970): Analyzing Teaching Behavior. Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Gruber [1998], Hans: Expertise. In: Rost, Detlef H. (Hg.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie (S. 126-129). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Hanke, B., Mandl, H. & Prell, S. (1980). Interpretation eines Unterrichtsbeispiels nach der Interaktionsanalyse nach Flanders. In: K. Boeckmann (Hrsg.): Analyse von Unterricht in Beispielen. Stuttgart: Klett
- Herrlich, M. & Tulodziecki, G. (2002). Erziehungswissenschaftliche Grundlagen der Medienverwendung in Lehr- und Lernprozessen. Fernuniversität, Gesamthochschule in Hagen, Universität Paderborn.
- Jong, T. de & Joolingen, W. R. v. (1998). Scientific Discovery Learning With Computer Simulations of Conceptual Domains. In: Review of Educational Research (Washington) 68, 2, S. 179-201
- Kerres, M. (2000). Medienentscheidung in der Unterrichtsplanung. Zur Wirkungsargumenten und Begründungen des didaktischen Einsatzes digitaler Medien. Bildung und Erziehung, 53, 1, 19-39.
- Klix, F. (1992). Die Natur des Verstandes. Göttingen: Hogrefe.
- Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (1997). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), Information und Lernen mit Multimedia (2. Aufl., S. 167-178). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.
- Mandl, H., Reinmann-Rothmeier, G. & Gräsel, C. (1998): Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Systematische Einbeziehung von Medien, Informations- und Kommunikationstechnologien in Lehr- und Lernprozesse“. Bonn: (BLK). (= Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung; 66).
- Mandler [1984], J. M.: Stories, Scripts, and Scenes. Aspects of Schema Theory. Hillsdale, NJ/London: Lawrence Erlbaum

- Mayer, R. E. (1997). Multimedia Learning. Are We Asking the Right Questions? In: Educational Psychologist (Hillsdale, N.J.) 32 (1997) 1, S. 1-19
- Minsky [1975], M. A.: A Framework for Representing Knowledge. In: Winston, P. (Hg.): The Psychology of Computer Vision. New York: McGraw-Hill
- Moreno, R./Mayer, R. E. [2000]: A Learner-Centered Approach to Multimedia Explanations. Deriving Instructional Design Principles from Cognitive Theory. In: Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning (<http://imej.wfu.edu/articles/2000/2/05/index.asp>, Ausdruck v. 26.09.2001)
- Mössner, A. (2000). Funktionen dynamisch untersuchen. *mathematik lehren*, 103, 22-50
- Peuckert [2001], J.: Propositionalisierung von Videodaten zur Analyse kognitiver Zustände und Entwicklungen. In: Aufschnaiter, St. v./ Welzel, M. (Hrsg.): Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lernprozessen. Aktuelle Methoden empirischer pädagogischer Forschung. Münster u.a.: Waxmann, S. 75-87
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1998). Wenn kreative Ansätze versanden. Implementation als verkannte Aufgabe. *Unterrichtswissenschaft* 26, S. 292-311.
- Reiserer, M.; Ertl, B. & Mandl, H. (2001): Fostering Collaborative Knowledge Construction In Desktop Videoconferencing. Effects of Content Schemes and Cooperative Scripts in Peer Teaching Setting. München: Institut für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universität (=Forschungsberichte; 143).
- Reusser, K. (2003). „E-Learning“ als Katalysator und Werkzeug didaktischer Innovation. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 21 (2), S. 176-199.
- Reusser, K. (1999). "Und sie bewegt sich doch" – Aber man behalte die Richtung im Auge. Zum Wandel der Schule und zum neu-alten pädagogischen Rollenverständnis von Lehrerinnen und Lehrern. *die neue schulpaxis*, Themenheft '99, 11-15.
- Reusser, K. & Pauli, C. (2003). Mathematikunterricht in der Schweiz und in weiteren sechs Ländern. Bericht über die Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Video-Unterrichtsstudie. Universität Zürich: Pädagogisches Institut.
- Schank, R.C. & Abelson, R.P. (1977): Scripts, Plans, Goals and Understanding. An Inquiry into Human Knowledge Structures. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Schnotz, W. (1993). Some Remarks on the Commentary. On the Relation of Dual Coding and Mental Models in Graphics Comprehension. In: *Learning and Instruction* 3 (1993) 3, S. 247-249
- Schnotz, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. In: *Unterrichtswissenschaft* 29, 292-318
- Stigler, J. W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, St. & Serrano, A. (1999): The TIMSS Videotape Classroom Study. Methods and Findings From an Exploratory Research Project on Eighth-Grade Mathematics Instruction in Germany, Japan, and the United States. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Tao, P.-K. & Gunstone, R. F. (1999). Conceptual Change in Science Through Collaborative Learning at the Computer. In: *International Journal of Science Education*, 2, S. 37-57
- Tulodziecki, G., Herzig, B. & Blömeke, S. (2004). Gestaltung von Unterricht. Eine Einführung in die Didaktik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Tulodziecki, G. (1997). Medien in Erziehung und Bildung. Grundlagen und Beispiele einer handlungs- und entwicklungsorientierten Medienpädagogik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Tulodziecki, G. (1996). Unterricht mit Jugendlichen. Eine handlungsorientierte Didaktik mit Unterrichtsbeispielen. Bad Heilbrunn/ Hamburg: Julius Klinkhardt und Handwerk und Technik.
- Hofe v., R. (1998). „Was ist denn eigentlich der Grenzwert?“. *mathematiklehren*, 86, S. 46-50.
- Hofe v., R. (1996). Neue Beweglichkeit beim Umgang mit Funktionen. *mathematiklehren*, 78, S. 50-54.
- Vosniadou, St. (1994): From Cognitive Theory to Educational Technology. In : St. Vosniadou, E. De Corte, H. Mandl (Hrsg.), *Technology-Based Learning Environments. Psychology and Educational Foundations*. (S. 11-18). Berlin: Springer.

Vygotskij [1993], L. S.: Denken und Sprechen. Frankfurt/M.: Fischer

Weinberger, A., Fischer, F. & Mandl, H. (2001). Scripts and Scaffolds in Problem-Based Computer Supported Collaborative Learning Environments. Fostering Participation and Transfer. München: Institut für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universität (= Forschungsberichte; 144)