

	Lehrergeleiteter Unterricht		Schülerzentrierter, offener Unterricht		Konstruktivistischer Unterricht	
	äußere Seite	innere Seite	äußere Seite	innere Seite	äußere Seite	innere Seite
typische Sozialform	Frontalunterricht Einzelarbeit	hierarchische Kommunikation	Einzelarbeit Partnerarbeit Gruppenarbeit	partnerschaftliche, symmetrische Kommunikation	Einzelarbeit Partnerarbeit Gruppenarbeit (Frontalunterricht)	partnerschaftliche, symmetrische Kommunikation
typische Handlungsmuster	Lehrervortrag gelenktes UG	hoher Strukturierungsgrad, rezeptives Lernen	Schülerreferat Projektarbeit Planspiel Experiment ...	geringer Strukturierungsgrad, selbsttätiges, exploratives Lernen	Projektarbeit Planspiel Schülerdiskussion gelenktes UG ...	geringer Strukturierungsgrad, selbsttätiges, exploratives Lernen
typische Unterrichtsschritte	Einstieg Erarbeitung Übung Auswertung	kleinschrittiger, logischer Aufbau	individuelle Einteilung des Zeitbudgets	individuell unterschiedliche Schrittfolgen	tw. Einstiegs- und Auswertungsphasen, tw. individuelle Einteilung des Zeitbudgets	vorwiegend individuell unterschiedliche Schrittfolgen
typisches Rollenverständnis	Lehrer als Wissensvermittler, Schüler als Rezipienten		Lehrer als Lernberater, gleichberechtigte Kommunikation		Lehrer als Lernberater, gleichberechtigte Kommunikation	
typische Lernziele	deklaratives Wissen, einfache, eindeutige Prozeduren		übergeordnete Erziehungsziele (Selbständigkeit, Ich-Kompetenz, Mündigkeit, demokratisches Verhalten), affektiv-motivationale Lernziele		Anwendungs- und Handlungswissen, lernstrategisches Wissen, Metakognition	

Tab. 2: Methodenkonzepte im Überblick

3. Unterrichtsveränderungen durch Computer?

Die Rolle von Medien im Unterricht ist von der pädagogischen Didaktik weitaus intensiver in den Blick genommen worden als von der psychologischen Lehr-Lernforschung, die sich auch auf diesem Gebiet vorrangig mit der Analyse der Lernwirksamkeit von Medien auseinandersetzt. Während jedoch die Bedeutung der traditionellen Medien im Unterricht in den 1960er und 1970er Jahren von pädagogisch-didaktischer Seite ausführlich diskutiert wurde, fällt im Bereich der neuen Medien auf, dass ihre praktische Einbindung in den Unterricht und die damit verbundenen didaktischen Fragen derzeit kaum bearbeitet werden. So wirft von Saldern (2001) der aktuellen pädagogischen Forschung zu Computer und Internet eine „weitgehende Praxisferne und Didaktikabstinenz“ vor (S. 141). Er zeigt auf, dass derzeit eine starke Fokussierung auf den technischen Aspekt neuer Medien vorherrscht, bei der Aspekte der Medien-erziehung und Mediendidaktik (darunter versteht er - neben der Didaktik der Medien - auch die Rolle der Medien innerhalb einer weiter gefassten Unterrichtsdidaktik) ausgeblendet werden.

In diesem Kapitel wird, die von von Saldern geäußerte Kritik berücksichtigend, der Versuch unternommen, die Rolle des Computers als Unterrichtsmedium im Kontext der methodischen Unterrichtspraxis zu verstehen. Dazu wird, ausgehend von pädagogisch-didaktischen Überlegungen und Modellvorstellungen, beschrieben, welche Funktion Medien im Unterricht

zukommt. Der Blickwinkel wird von Medien im allgemeinen auf die neuen Medien eingengt und es wird begründet, inwiefern die Einführung von Computer und Internet in der Schule aus theoretischer Perspektive eine Veränderung von Unterricht anstoßen kann. Der Fragestellung der Arbeit entsprechend wird anschließend weiter präzisiert, wie Computer gerade eine konstruktivistische Methodenpraxis unterstützen sollten. Für die Analyse wird auf das im zweiten Kapitel erarbeitete Strukturmodell methodischen Handelns zurückgegriffen. Verschiedene Ausgestaltungen computerbasierten Lernens (Lernprogrammtypen) werden dabei gesondert betrachtet. Den Abschluss dieses Kapitels bietet ein Überblick über den aktuellen Forschungsstand zum Zusammenhang von Unterrichtsmethodik und Computerintegration.

3.1 Der Computer als Unterrichtsmedium

Die Funktion, die Medien in der Unterrichtslehre zugeschrieben wird, beschränkt sich häufig auf die eines Hilfsmittels zur Vermittlung von Lerninhalten (z. B. bei Stöcker, 1971 und Schröder, 2000). Medienentscheidungen werden als untergeordneter Teil von Methodenentscheidungen, die ihrerseits wieder der Bestimmung von Inhalten und Lernzielen nachgeordnet sind, begriffen. In diesem linearen Modell wählt der Lehrer also zunächst aus den im Curriculum vorgegebenen Inhalten ein Thema aus (z. B. eine grammatikalische Konstruktion in einer Fremdsprache), legt dann die Lernziele für eine Unterrichtseinheit fest (z. B. die sichere Beherrschung einiger Grundregeln in einfachen Anwendungssituationen), dann werden die methodischen Schritte zur Vermittlung der Grundregel geplant (z. B. Einstiegs-, Präsentations-, Übungs- und Kontrollphasen) und erst am Ende wird die Frage nach den benötigten Medien (Folien, Arbeitsbücher, Arbeitsblätter) gestellt, die als wertneutrale Vermittler von Information gelten. Auf der Grundlage dieses Denkmodells werden z. B. Ratschläge gegeben, wie „geeignet“ ein bestimmtes Medium zur Unterstützung einer bestimmten Methode ist. Solche Zuordnungen existieren auf der Ebene der Sozialformen (Boeckmann & Heymen, 1990) und auf der Ebene der Verlaufsmuster des Unterrichts (Maier, 1998; Schröder, 2000).

Unterrichtsphase	Medienfunktion
Motivation	Motivieren
Präsentation	Informieren
Veranschaulichung	Intensivieren
Übungs-, Selbstlernphasen	Aktivieren, Individualisieren
Wiederholung, Vertiefung	Memorieren, Erweitern
Kontrolle	Rückmelden
Anreicherung	Bereichern

Tab. 3: Medien im Unterrichtsverlauf (Maier, 1998, S. 26)

Die aus Maier (1998) entnommene Übersicht stellt ein typisches Beispiel für eine solche Verbindung dar (Tab. 3).

Einer der prominentesten Vertreter der Position, dass Medien der Wahl von Unterrichtsmethoden nachgeordnet und grundsätzlich neutral sind, ist Clark (1983; 1994). Clark kleidet dies in die provokante Metapher, dass Medien nicht mehr und nicht weniger zur Verbesserung des Lernens beitragen, als ein Lastwagen, der Lebensmittel transportiert, die Qualität der Ernährung verbessere. Nach Clark ist die relevante Größe für die Qualität von Unterricht die Wahl der Unterrichtsmethoden, die jeweils mit verschiedenen Medien realisiert werden können. Auf welches Medium dabei die Wahl falle, sei in erster Linie eine Frage ihrer relativen Effektivität und Effizienz. Widersprochen wird dieser Auffassung von Kozma (1991, 1994), der davon ausgeht, dass die Verfügbarkeit bestimmter Medien im Unterricht auch auf die im Unterricht verwendeten Methoden zurückwirkt. Die Bereitstellung eines tutoriellen Lernprogramms würde danach die Wahrscheinlichkeit, dass die Schüler im Unterricht selbstgesteuert und mit individuellem Feedback lernen, deutlich erhöhen, selbst wenn der Lehrer prinzipiell die gleiche Methode auch mit einem anderen Medium (z. B. einem Arbeitsheft), umsetzen könnte. Methoden und Medien stehen nach Kozma in einem Wechselwirkungsverhältnis, bei dem sich der Einfluss von Medium und Methode auf den Lernerfolg kaum trennen lässt.

Diese Position wurde bereits von Heimann (1962, zit. nach Dichanz, 1974) in der lerntheoretischen Didaktik umfassend theoretisch aufgearbeitet. Das von ihm entwickelte Berliner Strukturmodell postuliert die Interdependenz von vier zentralen am Unterricht beteiligten Faktoren (Entscheidungsfeldern), wobei Medien neben Thematik (Inhalt), Methodik und Intentionalität (Lernziel) ein gleichberechtigtes Entscheidungsfeld darstellen. Medien sind in diesem Modell keine neutralen Vermittler von Lerninhalten. Sie wirken auf diese zurück, indem sie sie durch ihre Formqualitäten intensivieren oder verfremden, akzentuieren oder „verflüchtigen“. Heimann (1961, S. 9) formuliert dies so:

Die Art und Weise, wie ich einen Unterrichtsinhalt an Kinder herangebracht habe, ist zugleich bestimmend für die Art und Weise, in der dieser Gegenstand in einem Kind lebendig wird. Das bleibt gewissermaßen wie Eierschalen an dem Gegenstand haften.

(zit. nach Dichanz, 1974, S. 89)

Medien und Lerninhalte beeinflussen sich also gegenseitig. Unterrichtsmedien und -methoden werden vom Lehrer bewusst zur Vermittlung bestimmter Inhalte bzw. zur Erreichung bestimmter Lernziele ausgewählt. Die qualitativen Merkmale von Unterrichtsmedien (und ihre Verfügbarkeit) beeinflussen ihrerseits jedoch, wie Lerninhalte an die Schüler herangetragen

und von ihnen wahrgenommen und verarbeitet werden (Euler, 1987; Ritter, 1994). Medien machen also ihrerseits bestimmte Methoden und Formen der Auseinandersetzung mit Lerninhalten erst möglich. So sah Heimann bereits 1962 den „Anfang vom Ende einer alten Didaktik, da im Zuge der Technisierung überraschend neuartige Medien im Entstehen sind, die imstande sein könnten, unsere didaktischen Konzeptionen von Grund auf zu verändern“ (S. 421, zit. nach Dichanz & Kolb, 1974, S. 29).

Die Annahme, dass Computer und Internet eine katalysatorische Wirkung auf die Veränderung von Unterricht haben können, lässt sich damit aus einem solchen interaktionistischen Modell am besten begründen.

Das Berliner Modell ist jedoch aus heutiger Sicht beschränkt. Ein Kritikpunkt, der aus kommunikationstheoretischer Perspektive vorgebracht wird, ist, dass die Berliner Didaktik den kommunikativen Aspekt der unterrichtlichen Interaktion von Lehrern und Schülern weitgehend ausblendet (Kolb, 1974; Ritter, 1994). Kolb (1974) wie auch Dichanz und Kolb (1974) sehen hierin eine technokratische Beschränkung der Betrachtung von Medien im Unterricht. Sie sind der Ansicht, dass das Berliner Modell einer unkritischen Unterrichtstechnologie Vorschub leiste, in der Medien lediglich unter dem Aspekt ihrer Zweckrationalität für die Optimierung von Lernprozessen betrachtet würden. Aus kommunikationstheoretischer Perspektive werden Medien auf der Grundlage ihrer Kommunikationsfunktion im Unterricht analysiert. Damit geraten Medieneigenschaften, wie adressatenspezifische Verschlüsselung und Medienintentionen stärker in den Blick, aber auch die Kompetenz von Schülern und Lehrern, Medienbotschaften zu verstehen, zu diskutieren und sich mit Hilfe von Medien zu verständigen (Dichanz & Kolb, 1974). Ritter (1994) betont in diesem Zusammenhang, dass die medialen Vorerfahrungen, die Lehrer und Schüler in den Unterricht einbringen, von zentraler Bedeutung dafür sind, wie Medien im Unterricht eingesetzt werden und wirken. Auch diese werden im Berliner Modell nur randständig im Rahmen des anthropogenen und soziokulturellen Bedingungsfelds berücksichtigt.

Neuere interaktionistische didaktische Modelle setzen auf dem Berliner Modell auf. Sie berücksichtigen jedoch stärker als dieses sowohl die medialen Vorerfahrungen der am Unterricht beteiligten Akteure, wie auch die gesellschaftliche Bedeutung von Medien außerhalb der Schule (Euler, 1987; Spanhel, 1999). Eulers wie auch Spanhels Modell weisen eine Ähnlichkeit zu dem im ersten Kapitel beschriebenen didaktischen Dreieck auf, das die Interaktionen der am Unterricht beteiligten Akteure in den Vordergrund rückt und Unterricht in einen gesellschaftlichen Kontext eingebettet sieht. Spanhel (1999) zeigt anhand seines systemtheoretischen Strukturmodells, wie die Mediatisierung der Gesellschaft notwendig zu

Veränderungen des Schulunterrichts führt. Schulunterricht, genauer gesagt das Gesamtsystem Schule, wird in diesem Modell als ein System begriffen, das über verschiedene Grenzparameter mit seiner Umwelt in Kontakt steht. Die Schule als Teil eines gesellschaftlichen Gesamtsystems reagiert dabei direkt auf veränderte gesellschaftliche Bedingungen, denn diese werden in das System hineingetragen (Input-Parameter). Beispiele für Input-Parameter sind Medienerfahrungen, die Schüler und Lehrer aus ihrem häuslichen Umfeld in die Schule mitbringen, aber auch konkrete politische Maßnahmen, die das System Schule verändern, z. B. Ausstattungsinitiativen, die Computer in Schulen bringen, oder Weiterbildungsprogramme, in denen Lehrern neue didaktische Konzepte für den Einsatz des Computers nahegebracht werden. Der Output, den die Schule für die Erhaltung bzw. Entwicklung anderer gesellschaftlicher Systeme leistet, muss sich ebenfalls einer durch Medien zunehmend bestimmten Gesellschaft anpassen (Output-Parameter). In Anlehnung an Breiter (2001) und Ritter (1994) lassen sich diese Output-Parameter in fünf zentralen Funktionen zusammenfassen, deren Erfüllung von der Schule erwartet wird:

- ▶ **Lehrfunktion:** Schule soll Schülerinnen und Schülern Wissen und Fertigkeiten vermitteln, die sie benötigen, um in der außerschulischen Lebenswelt bestehen zu können.
- ▶ **Transferfunktion:** Sie soll kulturelle und moralische Werte von einer Generation an die nächste vermitteln.
- ▶ **Zertifikatsfunktion:** Schülerinnen und Schüler sollen für einen weiteren Schulbesuch oder eine berufliche Ausbildung vorbereitet werden. Diese Qualifizierung wird mit einer Bescheinigung nachgewiesen.
- ▶ **Aufklärungsfunktion:** Die Schülerinnen und Schüler sollen zu kritischem Vernunftgebrauch und autonomem Handeln befähigt werden.
- ▶ **Sozialisierungsfunktion:** Schüler sollen zu verantwortlichem Handeln gegenüber ihren Mitmenschen und der Umwelt erzogen werden.

Im Hinblick auf den gesellschaftlichen Wandel, der mit der Verbreitung des Mikrocomputers in den 1980er Jahren und der sich daran anschließenden elektronischen Vernetzung verbunden ist, verändern sich auch die Aufgaben, die Schule im Rahmen dieser fünf Kernfunktionen erfüllen muss. Bezüglich der Lehrfunktion von Schule wird der Einfluss von Computer und Internet unter der Annahme diskutiert, dass sie die Vermittlung von Wissen und Kenntnissen effektivieren und effizienter machen können (Kerres, 2000; Weidenmann, 1997).

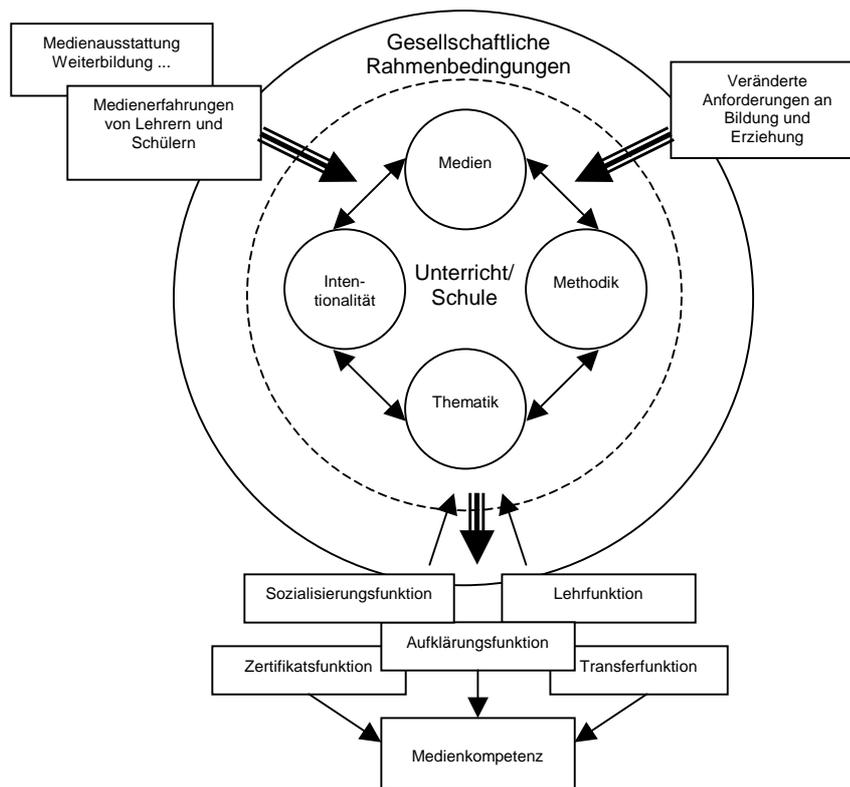


Abb. 4: Schulunterricht im Gefüge neuer Medien
(in Anlehnung an Heimann, 1962; Spanhel, 1999 und Breiter, 2001)

Eine weitere Forderung, die von gesellschaftlicher Seite an die Schule herangetragen wird, ist, dass den Schülern eine im Hinblick auf neue und alte Medien umfassende Medienkompetenz vermittelt werden soll (Schell, 1999; Tulodziecki, 1999). Diese umfasst im Sinne der Qualifizierungsfunktion von Schule einerseits die Vermittlung von berufsrelevanten Handhabungskompetenzen in bezug auf Computer und Internet. Die geforderte Medienkompetenz beinhaltet aber auch die Fähigkeit, Medienentwicklungen zu erfassen, kritisch zu reflektieren und zu bewerten, womit die Transfer- und die Aufklärungsfunktion von Schule angesprochen sind.

Darüber hinaus wird momentan intensiv debattiert, inwieweit die curricularen Inhalte, also Wissen und Fertigkeiten, die bisher in der Schule vermittelt wurden, vor dem Hintergrund eines stark beschleunigten wissenschaftlich-technischen Fortschritts und dem sprunghaften Anstieg der Produktion von Information heute noch Gültigkeit besitzen. In diesem Zusammenhang wird auf bildungspolitischer Ebene eine grundsätzliche Neuformulierung der Bildungsziele von Schule gefordert (Collis, 1996; Rolff, 2001; Scott, Cole & Engel, 1992; Spanhel, 1999). Computer und Internet werden als Ursache und als Katalysator für eine grundlegende Bildungsreform gesehen (Chan, Hue, Chou & Tzeng, 2001; Kerres, 2000; Papert, 1998; Pelgrum, 2001; Renner, 1997; Venezky & Davis, 2002).

In Abbildung 4 sind die Wechselwirkungen der unterrichtlichen Entscheidungsfelder und ihre Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld noch einmal graphisch dargestellt.

Medien, spezieller Computer und Internet, verändern den Schulunterricht also auf verschiedenen Ebenen (Cuban, 1993; Kerres, 2000; Olson, 1988; Ritter, 1994):

- ▶ Auf der Ebene der Unterrichtsmethoden verändern sie schulisches Lernen, indem sie neue Formen der Darbietung und Auseinandersetzung mit Lerninhalten ermöglichen. Dieser Aspekt wird in der Mediendidaktik bzw. in der Medienforschung unter dem Stichwort der *Verbesserung des Lernens* durch Medien diskutiert.
- ▶ Auf der Ebene der Curriculumentwicklung verändern sich die curricularen Inhalte, indem die Förderung einer umfassenden *Medienkompetenz* als Teil der schulischen Bildungs- und Erziehungsziele begriffen und in die Lehrpläne aufgenommen wird.
- ▶ Auf der bildungspolitischen Ebene werden Lerninhalte und -methoden grundsätzlich infrage gestellt und auf ihre Angemessenheit vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Entwicklungen überdacht. Computer und Internet gelten dabei gleichzeitig als Auslöser und als Katalysator für tiefgreifende *Veränderungen im Bildungswesen*.

Da es in der vorliegenden Arbeit vor allem darum geht, inwiefern die Einbindung des Computers die Hinwendung zu einer konstruktivistischen Unterrichtspraxis unterstützt, wird an dieser Stelle die erstgenannte unterrichtsmethodische Ebene für eine genauere Analyse in den Mittelpunkt gerückt.

Die Annahme, dass der Einsatz des Computers den Schulunterricht in Richtung auf ein stärker konstruktivistisches Lernen verändert, ist seit Beginn der 1990er Jahre sehr verbreitet (Chan et al., 2001; Hooper & Rieber, 1995; Kerres, 2000; Papert, 1998; Pelgrum, 2001). Dabei werden vor allem folgende Argumente vorgebracht, mit denen die Hoffnung begründet wird, dass Computer als Motor für eine konstruktivistische Innovation des Unterrichts wirken können:

Besonders häufig wird erwartet, dass selbständige Arbeitsformen, bei denen die Schüler Verantwortung für den eigenen Lernprozess übernehmen, zunehmen sollten (Pelgrum, 2001; Tulodziecki, 1999). Anders als bei der ersten Welle der Computerintegration in den Schulen in den 1980er Jahren, bei der durch die Bereitstellung von tutoriellen Programmen ebenfalls von einer Individualisierung des Lernens und einer Aktivierung der Schüler ausgegangen wurde, wird aktuell betont, dass der Computer die Schüler befähigen sollte, an selbst gewähl-

ten Fragestellungen und komplexen Problemen eigenverantwortlich und ganzheitlich zu lernen (Scott et al., 1992).

Ein zweiter Aspekt, der mit der Einführung von Computern in den Schulunterricht verbunden wird, ist die Steigerung des sozialen Lernens. Die meisten didaktischen Visionen beinhalten in der einen oder anderen Weise die gemeinsame Nutzung des Computers im Projektunterricht (Tulodziecki, 1999; Kamke-Martasek, 2001). Große Hoffnung für die Stärkung sozialer Lernformen im Unterricht wird auch in die computer-vermittelte Kommunikation gesetzt, die es Schülern erlaubt, über den engen Rahmen ihrer Klasse hinaus mit anderen Personen in Kontakt zu treten (Chan et al., 2001; Kerres, 2000).

Schließlich wird von der Einführung des Computers ein erhöhter Grad an Authentizität von Lerninhalten und Arbeitsformen erwartet. So erlaubt die Nutzung des Internet den Schülern, mit Experten oder mit Schülern anderer Nationen und Muttersprachen zu kommunizieren und auf diesem Wege lebensnahe Informationen ins Klassenzimmer zu bringen (Kerres, 2000). Auch die Nutzung von professioneller Anwendungssoftware wird als authentizitätsfördernd gesehen, da es sich hierbei um Programme handelt, die auch im Arbeitsalltag außerhalb der Schule verwendet werden (Jonassen, 1996).

Akteur	traditioneller (lehrgelenkter) Unterricht	computer-basierter konstruktivistischer Unterricht
Lehrer	<ul style="list-style-type: none"> • Initiator des Lernens • Klassenunterricht • bewertet Schüler • geringe Betonung kommunikativer Fertigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Lernberater • unterstützt selbständiges Lernen der Schüler • hilft Schülern, ihren eigenen Lernfortschritt zu bewerten • hohe Betonung kommunikativer Fertigkeiten
Schüler	<ul style="list-style-type: none"> • eher passiv • lernt meist in der Schule • kaum Teamarbeit • erhält Fragen aus Büchern oder vom Lehrer • lernt Antworten auf Fragen • geringes Lerninteresse 	<ul style="list-style-type: none"> • eher aktiv • lernt in und außerhalb der Schule • viel Teamarbeit • stellt eigene Fragen • findet eigene Antworten • hohes Lerninteresse

Tab. 4: Vermutete Unterrichtsveränderungen durch die Integration des Computers
(nach Pelgrum, 2001; S. 164)

Bezüglich des Rollenverhältnisses von Lehrern und Schülern wird durch die Einführung des Computers erwartet, dass der Lehrer von seiner zentralen Position im Unterricht verdrängt wird (Scott et al., 1992, Pelgrum, 2001). Dies wird darauf zurückgeführt, dass der Computer die Schüler befähigt, sich Lerninhalte stärker eigenständig anzueignen. Die Veränderung der Lehrerrolle hin zu der eines Lernberaters ist also eine notwendige Folge der veränderten Arbeitsformen, die durch die Einführung des Computers möglich werden.

Tabelle 4 zeigt die Erwartungen, die mit der Integration des Computers in den Schulunterricht verbunden werden, noch einmal im Überblick.

3.2 Computer als Katalysator für einen konstruktivistischen Unterricht

Die im vorigen Abschnitt zusammengefassten Argumente für die Innovation der Unterrichtspraxis durch den Computer sind, vor dem Hintergrund der in Kapitel 2 dargestellten Komplexität der Unterrichtspraxis und ihrer Methodendimensionen, pauschalisierend. Es wird kaum berücksichtigt, dass der Computer ein Medium ist, dass wie kaum ein anderes einen Reichtum unterschiedlicher Einsatzmöglichkeiten und Implementationsformen bietet. Da, wie im Vorhergehenden erläutert, Medieneigenschaften entscheidend für das Zusammenwirken von Methode und Medium sind, ist es deshalb notwendig, an dieser Stelle auf die Ausgestaltung des Computers als Lernmedium einzugehen und diese mit den verschiedenen Methodenebenen des Unterrichts in Beziehung zu setzen. So wird eine einfache Übungssoftware im Unterricht sicher anders eingesetzt als beispielsweise das World Wide Web als Informationsmedium. Es ist deshalb notwendig, verschiedene Lernprogrammtypen gegeneinander abzugrenzen und getrennt für diese zu analysieren, welche potenzielle Wirkung sie auf die Methodenpraxis entfalten können. Entsprechend der Fragestellung dieser Arbeit wird im folgenden dargelegt, wie gut sie sich mit einem lehrergeleiteten und einem konstruktivistischen Unterricht vereinbaren lassen. Besonders interessant ist dabei die Frage, wie mit einer mangelnden Passung von Unterrichtskonzept und Medieneigenschaften umgegangen wird. Denn in diesem Fall kann der Computer dazu beitragen, dass ein bestehendes Methodenkonzept verändert wird und es auf der konkreten methodischen Ebene zu einer Innovation des Unterrichts kommt.

Gloor (1990)	Euler (1992)	Bodendorf (1990)	Ferguson (1992)	Schulmeister (1996)	Strittmatter & Niegemann (2000)
Drill & Practice	Übungsprogramm	Hilfe	Drill & Practice	Drill & Practice	Drill & Practice
Tutorial	Tutorieller Unterweisung	Passiver Tutor	Tutorial	Courseware	Tutorieller Lernprogramm
		Aktiver Tutor			
	IST	Intelligenter Dialog			ITS
	Expertensystem				
Simulation	Simulation	Simulation	Parameterbasierte Simulation	Simulation	Simulation
		Problemlösung	Micro Discovery		
			Mikrowelt		
Lernspiel		Spiel			Lernspiel
	Hypermedia			Hypertext-System	Hypermedia
				Guided Tour	
				Electronic Book	
				Kiosk-System	
			Programmierungsumgebung	Interaktives Programm	
			Anwendungswerkzeug		
				Präsentation	EPSS

Tab. 5: Verschiedene Klassifikationen von Lernprogrammtypen. Die Schattierung zeigt die in dieser Arbeit vorgenommene Typologisierung.

In der einschlägigen Fachliteratur finden sich unterschiedliche Typologisierungen von computerbasierten Lernprogrammen. Sie können nach ihren Zielen und ihrer Programmstruktur, nach ihrem Inhalt, ihrer Methode oder der Funktion des Computers im Lernprozess klassifiziert werden (Kamke-Martasek, 2001). Tabelle 5 zeigt beispielhaft einige Zuordnungen, die verschiedene Autoren vornehmen.

Im Kontext der vorliegenden Arbeit erscheint eine Ordnung der Lernprogrammtypen nach ihren zugrundeliegenden didaktischen Prinzipien sinnvoll. Im Bestreben einer größtmöglichen Vereinfachung werden die Lernprogrammtypen in dieser Arbeit anders als von anderen Autoren in nur vier Gruppen eingeteilt⁴:

- ▶ Übungsprogramme, tutorielle Systeme, ITS
- ▶ Simulationen und Mikrowelten
- ▶ Hypermediale Systeme
- ▶ Anwendungssoftware

3.2.1 Übungsprogramme, tutorielle Systeme und ITS

Übungsprogrammen und tutoriellen Systemen ist gemeinsam, dass sie von einem festgelegten Lernziel ausgehend den Lernstoff auf systematische Weise in Einheiten oder Lernschritte untergliedern, bei deren Bearbeitung der Lernende sofortiges Feedback erhält. In Anlehnung an Euler (1992) lassen sich die verschiedenen Programmtypen dieser Kategorie wie folgt beschreiben:

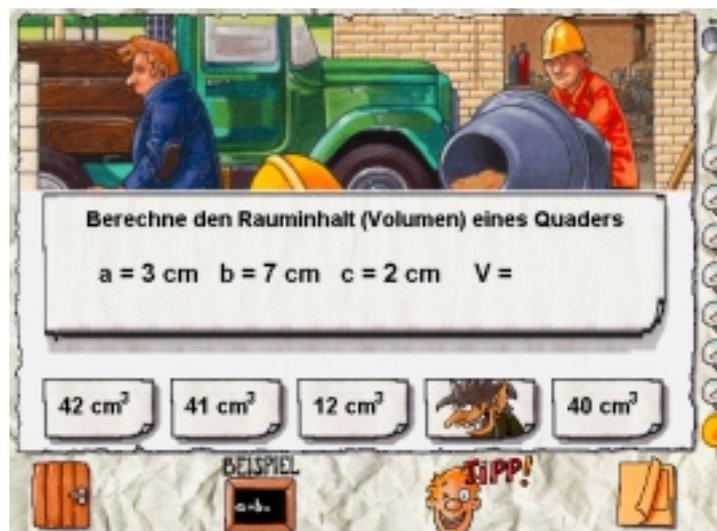


Abb. 5: Multimediales Übungsprogramm *Matherallye* (Westermann Multimedia)

⁴ Die Einteilung ist idealtypisch. Im heutigen multimedialen Lernprogramm-Angebot finden sich häufig Mischformen aus verschiedenen der oben angegebenen Programmtypen.

Bei *Übungsprogrammen* (Drill & Practice, vgl. Abb. 5) handelt es sich um die älteste Form des computer-unterstützten Lernens.

Der Aufbau dieser Programme basiert auf dem behavioristischen Paradigma des operanten Konditionierens (Skinner, 1950), also der Verstärkung von Verhalten durch unmittelbar folgende Belohnung. Im Vergleich zum traditionellen Unterricht im Klassenraum sah Skinner beim Lernen mit Übungsprogrammen den Vorteil, dass die Schüler individuell gefördert werden und konsistentes und kontinuierliches Feedback erhalten, was ein Lehrer, der eine Klasse von zwanzig oder mehr Schülern unterrichtet, nicht zu leisten im Stande ist (Skinner, 1954). Skinners Vision eines „programmierten Unterrichts“, in dem der Computer (bzw. eine Lehrmaschine) weitreichende Lehrfunktionen übernimmt, wurde in der Instruktionstheorie kontrovers diskutiert. Aus pädagogischer Perspektive wurde besonders kritisiert, dass ein Computer wohl kaum die mannigfaltigen Erziehungs- und Bildungstätigkeiten eines Lehrers ersetzen könne (im Überblick: Weidenmann, 1997; Scott et al., 1992). Skinner (1954) verteidigt sich gegen diesen Vorwurf damit, dass der programmierte Unterricht nie das Ziel gehabt habe, den Lehrer abzuschaffen, sondern ihn im Gegenteil von der Unterrichtsroutine des Einübens von Fertigkeiten befreie, so dass er übergeordnete Bildungs- und Erziehungsfunktionen im Unterricht wahrnehmen könne.

Tutorielle Systeme zielen darauf ab, den Lernenden beim Erwerb neuer Fertigkeiten zu unterstützen. Dabei werden zunächst neue Lerninhalte in miteinander verknüpften Einheiten präsentiert, wobei der Lernende in begrenztem Maße wählen kann, mit welchen Inhalten er sich auseinandersetzen möchte. Anschließend wird das Wissen des Lernenden durch Verständnisfragen abgeprüft und zu neuen Lernschritten verzweigt. Der Lernende erhält korrekatives Feedback und Lernhilfen, um Verständnisschwierigkeiten zu überwinden.

Intelligente Tutorielle Systeme (ITS) zeichnen sich dadurch aus, dass sie auf der Grundlage der Analyse des Lernerwissens adaptiv Aufgaben generieren bzw. Instruktionsschritte auswählen und folglich besonders flexibel auf die Eingaben des Lernenden reagieren. Anders als Drill & Practice Programme basieren tutorielle Systeme und besonders ITS auf kognitionspsychologischen Annahmen des Wissenserwerbs. Lerner- und Expertenwissen werden beispielsweise in Anlehnung an die Schematheorie als semantische Netze modelliert. Das System vergleicht die beiden Wissensnetze und bietet dem Lernenden anschließend Informationen zu fehlenden Konzepten an, um so die Schemata des Lernenden zu erweitern und eine Anpassung an die Experten-Wissensstruktur zu erreichen (Shute & Psotka, 1996). Die Adaptivität, d. h. die Anpassung des Programms an Lernervoraussetzungen, und seine Interaktivi-

tät, d. h. seine Eigenschaft, auf Eingaben des Lernenden zu reagieren, werden auf kognitiver und motivationaler Ebene als lernförderlich betrachtet. Allerdings kommen Autoren verschiedener Überblicksarbeiten zu dem Ergebnis, dass Intelligente Tutorielle Systeme mit zahlreichen Problemen behaftet sind und ein eindeutiger Nachweis ihrer Lernwirksamkeit bisher noch aussteht (Scott et al., 1992; Shute & Psotka, 1996; Weidenmann, 1997).

Im Unterricht bieten Übungsprogramme, tutorielle Systeme und ITS die Möglichkeit, das Lernen zu individualisieren und damit leistungsdifferenzierendes, selbsttätiges und eigenverantwortliches Lernen zu verstärken (Kamke-Martasek, 2001; Scott et al., 1992). Dieser Programmtyp lässt sich besonders gut mit dem Konzept des lehrergeleiteten Unterrichts vereinbaren. Beide Konzepte gehen von verbindlich formulierten Lernzielen aus, an deren Beherrschung der Lernende schrittweise herangeführt werden soll. Insbesondere das Methodenkonzept der *direkten Instruktion* weist große Ähnlichkeit mit den Gestaltungsprinzipien von tutoriellen Systemen und mit Einschränkung auch von Drill and Practice Programmen auf. Tutorielle Systeme könnten also im lehrergeleiteten Unterricht weitreichende Lehrfunktionen, beginnend mit der Motivierungsphase des Einstiegs über die Präsentation von Information bis zu Übungs- und Kontrollphasen, übernehmen. Drill and Practice Programme lassen sich in diesem Konzept zur individualisierten Einübung von Routinen, die der Lehrer zunächst mit der gesamten Klasse erarbeitet hat, einsetzen.

Mit dem konstruktivistischen Unterrichtsparadigma lässt sich das Lernen mit Übungsprogrammen und tutoriellen Systemen dagegen weniger gut vereinbaren, da diese Programme die Individualität unterschiedlicher Wissenskonstruktionen nicht berücksichtigen, sondern stattdessen von einer einheitlichen Experten-Wissensstruktur ausgehen, die in jedem Lerner durch entsprechendes Feedback in gleicher Weise herangebildet werden kann. Auch kollaboratives Lernen, das im konstruktivistischen Unterrichtskonzept eine zentrale Rolle spielt, lässt sich mit diesen Programmen schlecht realisieren. Im Rahmen eines gemäßigt konstruktivistischen Unterrichts- bzw. Lernkonzepts haben Übungsprogramme und tutorielle Systeme bzw. Systemkomponenten jedoch zum Aufbau und zur Festigung basaler kognitiver Fähigkeiten durchaus ihren Platz (Weidenmann, 1997).

3.2.2 Simulationen und Mikrowelten

Simulationsprogramme modellieren komplexe Zusammenhänge oder Systeme, die der direkten Betrachtung häufig nicht zugänglich sind (vgl. Abb. 6). Der Schüler kann die Simulation durch eigene Eingaben, auf die er sofortiges Feedback erhält, beeinflussen. In der Regel stehen ihm in einem Simulationsprogramm eine Reihe von Eingabeparametern zur Verfü-

gung, auf deren Manipulation das System mit einer Zustandsveränderung reagiert. Dieser Zustand kann durch eine erneute Veränderung der Eingabeparameter weiter verändert werden und so fort (Euler, 1992).

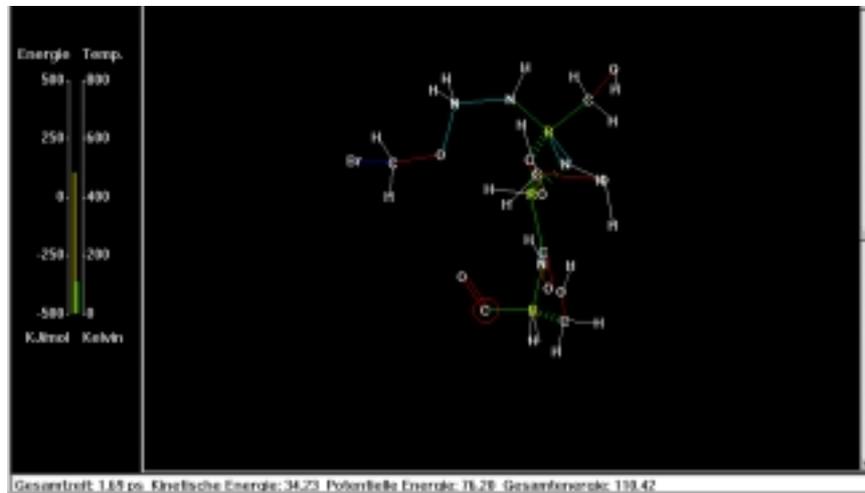


Abb. 6: Simulationsprogramm *Chemsite* (Cornelsen Software)

Mikrowelten, wie z. B. die von Papert (1980) entwickelte Programmiersprache LOGO, stellen, ähnlich wie Simulationen, geschlossene Umgebungen dar, in denen der Lernende Gesetze ausprobieren und mit verschiedenen Perspektiven experimentieren kann, um logische Zusammenhänge zu verstehen (vgl. Abb. 7). Dabei stehen ihm in einer Mikrowelt häufig noch weit mehr Freiheitsgrade zur Verfügung als in einer Simulation. Papert geht davon aus, dass das Lernen mit Mikrowelten zum Erwerb allgemeiner Kompetenzen des analytischen Problemlösens beitragen kann.

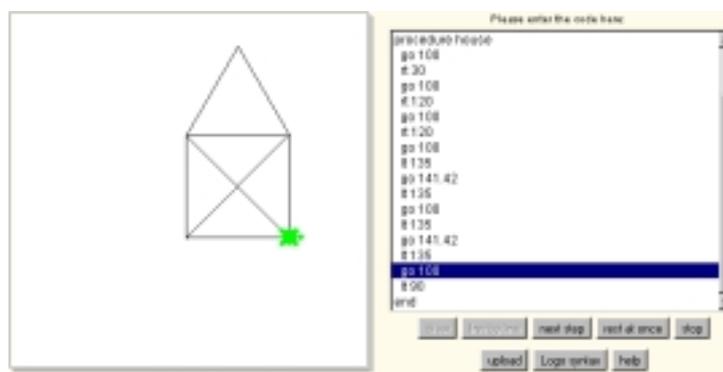


Abb. 7: LOGO-Programmierungsumgebung

Die Lerneffektivität von Simulationen und Mikrowelten wird vor allem mit kognitiven und konstruktivistischen Annahmen über den Lernprozess begründet. Beide Programmtypen

konfrontieren den Schüler mit komplexen Problemsituationen, für die es in der Regel mehr als eine Lösung gibt. Sie fordern ihn zur aktiven Exploration bzw. zum Experimentieren mit dem simulierten Zusammenhang heraus, wodurch eine tiefe Verarbeitung angeregt werden sollte (Gredler, 1996). Insbesondere Simulationen dienen darüber hinaus häufig zur Veranschaulichung abstrakter Sachverhalte. Es wird davon ausgegangen, dass die Visualisierung in Verbindung mit ihrem interaktiven Charakter die Bildung mentaler Modelle unterstützt (Schnotz, 2001).

Simulationen und Mikrowelten lassen sich mit dem Konzept des lehrergeleiteten Unterrichts wesentlich schlechter vereinbaren als Übungsprogramme und tutorielle Systeme. Da sie den Lernenden nicht auf ein vorgegebenes Lernziel hinlenken, können sie in ein lehrergelenktes Unterrichtskonzept nur phasenweise unter Steuerung des Lehrers integriert werden. So ist denkbar, dass der Lehrer eine Simulation als Einstieg oder zur Präsentation des in einer Unterrichtseinheit behandelten Problems nutzt. Da das lehrergeleitete Konzept die schrittweise Heranführung des Lernenden an den Lerngegenstand vorsieht, werden Simulation und Mikrowelt aufgrund ihrer Komplexität als Überforderung begriffen. Übungsphasen mit Simulationen und Mikrowelten können deshalb in ein lehrergeleitetes Unterrichtskonzept nur dann integriert werden, wenn sie durch stark vorstrukturierte Arbeitsaufträge unterstützt werden.

Zur Realisierung eines konstruktivistischen Unterrichtskonzepts sind Simulationen und Mikrowelten dagegen gut geeignet. Die Vielzahl unterschiedlicher Interaktionsweisen und Lösungswege ermöglicht es, der Forderung, im Unterricht von komplexen, alltagsnahen Problemen auszugehen, nachzukommen. Aus konstruktivistischer Perspektive sollte die explorative Beschäftigung mit diesen Programmen die individuelle Wissenskonstruktion unterstützen. Sie lassen sich weiterhin zum Lernen in Lerngruppen einsetzen, um die mehrperspektivische Betrachtung eines Problems zu fördern, so dass Simulationen und Mikrowelten als prototypische Programme für einen konstruktivistischen Unterricht gelten können.

3.2.3 Hypermediale Systeme und das World Wide Web

Hypermediale Systeme sind Netzwerke von Informationseinheiten, die durch elektronische Links (Verbindungen) miteinander verknüpft sind (vgl. Abb. 8). Die Inhalte der Informationseinheiten oder -knoten können dabei unterschiedlichen Umfang und mediale Form haben. Sind sie rein textuell, spricht man von *Hypertext*, enthalten sie neben Texten auch Bilder, Ton, Filme, Animationen oder Simulationen, hat sich die Bezeichnung *Hypermedia* durch-

gesetzt (Tergan, 1997). Als größtes existierendes Hypermediasystem gilt heute das World Wide Web (Strittmatter & Niegemann, 2000).

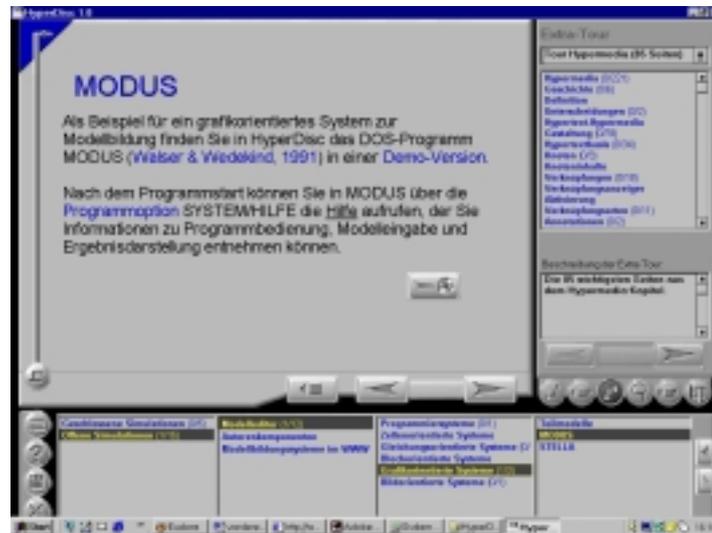


Abb. 8: Hypermedia-Programm *Hyperdisc* (DIFF)

Aus kognitionspsychologischer Perspektive wird hypermedialen Systemen zum einen deshalb ein Lernpotenzial zugesprochen, weil sie dem Lernenden dieselbe Information in unterschiedlichen Codierungsformen (Text, Bild) präsentieren und unterschiedliche Modalitäten (z. B. visuell, auditiv) ansprechen. Man nimmt an, dass die Nutzung unterschiedlicher Codes und Modalitäten, wenn sie gut aufeinander abgestimmt sind, die Aufnahme und Verarbeitung von Information erleichtert und zu einer verbesserten Gedächtnisleistung führt (Weidenmann, 1997). Von konstruktivistischer Seite wird der Vorteil von hypermedialen Systemen in der Offenheit des Informationsangebots gesehen, die es dem Lernenden erlaubt, die hypertextuelle Struktur seinem Vorwissenstand und Informationsbedürfnis entsprechend auf individuellen Pfaden zu durchwandern (Dede, 1992; Jonassen, 1989). Kritiker wenden dagegen ein, dass es bisher nicht gelungen sei, die Lernwirksamkeit von Hypermedia nachzuweisen, und dass Probleme wie die kognitive Überlastung und Ablenkbarkeit, die durch die Breite des meist nicht didaktisch strukturierten Informationsangebots entstehen, die Lerneffektivität dieses Mediums bei vielen Lernenden empfindlich beeinträchtigen. Es ist nach wie vor nicht ausreichend geklärt, unter welchen Bedingungen, für welche Inhalte und für welche Lerner hypermediale Programme optimal geeignet sind (Dillon & Gabbard, 1998, Tergan, 1997).

Im Rahmen eines lehrergeleiteten Unterrichtskonzepts lassen sich hypermediale Programme aufgrund ihrer großen Offenheit nur eingeschränkt verwenden. Als Informationssysteme lassen sie sich in diesem Konzept vor allem in Phasen der Präsentation von Lerninhalten einsetzen. Bei ihrer Integration stellen sich ähnliche Probleme wie bereits bei Simulationen

und Mikrowelten beschrieben: Da sie die Schüler nicht auf ein verbindliches Lernziel hinführen, muss im lehrergeleiteten Unterricht eine starke Strukturierung der Nutzung dieses Programmtyps erfolgen. Diese kann entweder durch Arbeitsanweisungen und Steuerung des Lehrers oder im Rahmen von sogenannten „guided tours“, programmeigene, mehr oder minder lineare Touren durch ein Hypermedia-System, geleistet werden. Bei der Nutzung des World Wide Web kann der Explorationsraum auch dadurch eingeschränkt werden, dass den Schülern nur ein kleiner Ausschnitt (z. B. eine einfach strukturierte Website) offline zur Verfügung gestellt wird.

Aus konstruktivistischer Perspektive wird in der Offenheit von hypermedialen Systemen dagegen ein Vorteil gesehen, um selbstgesteuertes, individualisiertes Lernen zu fördern. Hypermediale Programme lassen sich unter diesem Paradigma zum Beispiel im Rahmen von Projektarbeit einsetzen, in der Schüler Informationen zu selbstgewählten Themen recherchieren und für ein Referat, eine Präsentation, eine Hausarbeit oder einen Zeitungsartikel aufbereiten. Da aus dieser Perspektive gerade das Lernen in authentischen, komplexen Problemräumen betont wird, wird auch das World Wide Web in seiner Gesamtheit als geeignete Lernumgebung angesehen.

3.2.4 Anwendungssoftware

Schließlich soll, auch wenn es sich hierbei nicht um multimediale Programme im strengen Sinne handelt, noch der Bereich der Anwendungssoftware als Teilbereich computerbasierten Lernens angesprochen werden. Unter *Anwendungssoftware* - Baumgartner und Payr (1994) bezeichnen diese auch als „Ressourceware“ - werden solche Programme verstanden, die nicht zur Vermittlung bestimmter Inhalte dienen, sondern Werkzeuge darstellen, um mit Hilfe des Computers digitale Produkte zu erstellen (z. B. Texte, Bilder, Computerprogramme, etc.). Textverarbeitung, Datenbanken und Programmiersprachen haben schon seit längerem ihren Platz unter den computerbasierten Anwendungswerkzeugen, die im Bildungskontext genutzt werden. In jüngerer Zeit ist aufgrund ihrer zunehmend einfachen Bedienbarkeit eine Fülle weiterer Programme hinzugekommen, wie Präsentationssoftware, Tabellenkalkulation, Bildverarbeitung, HTML-Editorenprogramme, Autorensoftware usw. Auch Internetanwendungen, wie Kommunikationssoftware und Web-Browser, werden inzwischen häufig im Unterrichtskontext genutzt. Anwendungssoftware stellt in der Schule schon länger im Rahmen der informationstechnischen Grundbildung einen Unterrichtsgegenstand dar. Dabei geht es vor allem darum, den Schülern als Teilaspekt von Medienkompetenz Handhabungskompetenzen

zur Nutzung dieser auch in der Berufswelt häufig genutzten Programme zu vermitteln (vgl. 3.1).

Erst im konstruktivistischen Paradigma wird jedoch auf das didaktische Potenzial von Anwendungsprogrammen hingewiesen, indem sie als „kognitives Werkzeug“ für die Erarbeitung von Lerninhalten gesehen werden (Jonassen, 1996). Dieses von Papert (1980) eingeführte Konzept beinhaltet, dass Lernende Anwendungsprogramme selbst aktiv mit Inhalten füllen, um Sachverhalte zu veranschaulichen, Zusammenhänge zu verstehen, Informationen zu strukturieren etc. Ähnlich wie bei Mikrowelten ist die Zielvorstellung beim Einsatz des Computers als kognitivem Werkzeug nicht die Vermittlung vorgegebener Inhalte und Prozeduren, sondern liegt auf dem eigenständigen Erarbeiten komplexer Probleme und der Auseinandersetzung mit selbstgewählten Inhalten. Jonassens Konzept der Nutzung des Computers als Denkwerkzeug sieht grundsätzlich auch kollaborative Tätigkeiten vor, d. h. in der Regel sollen Anwendungsprogramme von Lernergruppen genutzt werden, die sich miteinander über die Einzelschritte der Problemlösung und die erzielten Ergebnisse verständigen, so dass es zu sozialen Aushandlungsprozessen kommt und verschiedene Lösungsmöglichkeiten und Perspektiven des vorgegebenen Problems direkt miteinander verglichen werden können. Auch das Internet kann als kognitives Werkzeug genutzt werden. In den vergangenen Jahren sind hierzu zahlreiche Pilotprojekte durchgeführt worden, z. B. das auf der Lerntheorie Vygotskys (1978) beruhende Projekt „5th Dimension“ (Anderson, Eckles & Sutter, 2001), eine virtuelle Lernergemeinschaft, in der Kinder (unter anderem) durch den Austausch von Email an die Zone ihrer nächstmöglichen Entwicklung herangeführt werden und so miteinander und voneinander lernen, oder das Projekt „MOOSE Crossing“ von Bruckman (1997), eine virtuelle Welt, in der Kinder gemeinsam interaktive Objekte programmieren.

Bei der Nutzung von Anwendungssoftware im Rahmen eines lehrergeleiteten und eines konstruktivistischen Unterrichtskonzepts ergeben sich ähnliche Unterschiede wie bei Simulationen und Mikrowelten sowie hypermedialen Programmen. Im lehrergeleiteten Konzept kann Anwendungssoftware vor allem in Übungsphasen zur Lösung einfacher Aufgaben eingesetzt werden, wobei die Nutzung durch den Lehrer vorstrukturiert und gelenkt wird. Im konstruktivistischen Konzept wird dagegen das Potenzial von Anwendungssoftware wie oben beschrieben darin gesehen, dass die Schüler komplexe Aufgaben in Lerngruppen eigenständig erarbeiten können, z. B. im Rahmen von Projektarbeitsphasen.

Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass auch auf der Ebene der Lernprogrammtypen vieles dafür spricht, dass die Einbindung des Computers in den Schulunterricht eher ein

konstruktivistisches Methodenkonzept unterstützt. Denn die Mehrzahl der heute verfügbaren und propagierten Programmtypen legt eine solche Nutzung nahe.

3.3 Empirische Untersuchungen zur Integration von Computern in den Schulunterricht

Können Computer die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen? Gibt es Belege, dass sie auf unterrichtsmethodischer Ebene eine konstruktivistische Praxis unterstützen? Zur Beantwortung dieser Fragen wird im folgenden ein Überblick über die Ergebnisse empirischer Forschung zur Integration des Computers in den Schulunterricht gegeben. Die Ergebnisse werden dabei in Anlehnung an das dieser Arbeit zugrundeliegende Strukturmodell methodischen Handelns nach verschiedenen Methodenebenen getrennt, um eine systematische Betrachtung der Befunde zu ermöglichen.

Wie eingangs unter Bezugnahme auf von Saldern (2001) bereits festgestellt wurde, ist bei der Forschung zum Computer in der Schule vergleichsweise selten der empirische Fokus darauf gerichtet worden, ob und wie sich die Unterrichtspraxis durch die Einführung des Computers verändert. Ein großer Teil der Untersuchungen konzentriert sich auf die Lernwirksamkeit des Computers, die vor allem in der psychologischen Forschung häufig unter labor-experimentellen Bedingungen untersucht wurde. Untersuchungen zur unterrichtsmethodischen Einbindung des Computers im Feld wurden in erster Linie im Rahmen der Begleitforschung zu innovativen Pilotprojekten durchgeführt, etwa dem US-amerikanischen Projekt „Apple Classrooms of Tomorrow“ (Dwyer, 1994) oder dem britischen „ImpaCT“-Programm (Hammond, 1994). Die Ergebnisse beruhen mehrheitlich auf Fallstudien in einzelnen Schulen bzw. Schulklassen. Ausnahmen stellen einige groß angelegte Befragungsstudien dar, allen voran die internationale „Comped“-Studie der „International Association for the Evaluation of Educational Achievement“ (IEA), an der sich zwischen 1989 und 1992 20 verschiedenen Nationen beteiligten (Pelgrum & Schipper, 1993). Seit 1997 führt die IEA mit der „Second Information Technology in Education Study“ (SITES) eine Nachfolgestudie durch, mit dem Ziel, weltweite Vergleichsdaten zur Verbreitung und Nutzung von Computern im Bildungssystem zur Verfügung zu stellen (Pelgrum, 2001). Die Studie besteht aus mehreren Modulen. In Modul 1 (1997-1999) wurde flächendeckend eine Umfrage bei Schulleitern und Technikadministratoren zu Ausstattung und Nutzung von Computern in Schulen durchgeführt. Modul 2 (1999-2002) beleuchtet innovative Nutzungen des Computers anhand von Fallstudien von Schulen, die sich durch eine fortgeschrittene Nutzung des Computers im Unterricht auszeichnen. In Modul 3 (2001-2005) werden Schulleiter, Lehrer und Schüler intensiv zu Nutzungen

des Computers im Unterricht befragt. Bisher liegen nur aus Modul 1 Ergebnisse vor (Pelgrum, 2001). Eine weitere auf Fallstudien basierende internationale Studie wurde vom Centre for Educational Research and Innovation (CERI) der OECD zwischen 2000 und 2002 durchgeführt (Venezky & Davis, 2002). Die Fragestellungen und genutzten Instrumente gleichen dabei denen von SITES Modul 2, wobei ein stärkerer Fokus auf Kontextbedingungen innovativer Computernutzungen gelegt wurde, um besonders für Schuladministration und Bildungspolitik relevante Informationen zu erhalten. Die Bundesrepublik Deutschland beteiligte sich an der Comped- und an der OECD/CERI-Studie. An SITES nimmt sie an Modul 2 und 3 teil.

Aus Deutschland gibt es, bis auf die auf Fallstudien basierenden Ergebnisse, für die vergangenen Jahre kaum Daten zur Verbreitung und Nutzung von Computern im Unterricht. Erst seit 2001 wird die Computerausstattung deutscher Schulen flächendeckend erfasst (BMBF, 2001). Wozu die Computer im Unterricht genutzt werden, wird dabei jedoch nur unzureichend erfragt. Umfangreichere Daten zur Ausstattung und Nutzung liegen auch aus der Begleitforschung der Initiative „Schulen ans Netz“ vor (Hunneshagen et al., 2001), die jedoch nur für diejenigen Schulen repräsentativ sind, die sich an dem Pilotversuch beteiligten. Die Untersuchung von Hunneshagen et al. (2001) bezieht sich außerdem schwerpunktmäßig auf die Nutzung des Internet im und außerhalb des Unterrichts.

Im US-amerikanischen Raum wird die schulische Computerausstattung und -nutzung dagegen schon länger landesweit erhoben. Daten dazu liegen z. B. vom National Center for Education Statistics (Meyer, 2001) vor. Als Teil dieser meist auf Befragungen bei Schuladministratoren, Lehrern und Schülern beruhenden Daten werden auch Computernutzungen im Unterricht abgefragt. Ebenfalls aufschlussreich sind die Daten der Teaching, Learning and Computing Survey (TLC Survey), die 1998 vom Center for Research on Information Technology and Organizations der University of California, Irvine durchgeführt wurde (Anderson & Ronnkvist, 1999; Becker, 2000). Im Rahmen dieser Studie wurden neben allgemeinen Ausstattungs- und Nutzungsdaten auch Einstellungen von Lehrern und Angaben zu Veränderungen des Unterrichts erfragt. Ebenfalls auf der Grundlage landesweiter US-amerikanischer Daten, die im Rahmen des National Assessment on Educational Progress (NAEP) vom National Center of Education Statistics erhoben werden, führte Wenglinski (1998) eine Analyse des Computereinsatzes im Mathematikunterricht durch.

Der im folgenden zusammengefasste Forschungsstand zur Nutzung von Computern im Unterricht und zu den sich daraus ergebenden Unterrichtsveränderungen beruht zum einen auf diesen breit angelegten Vergleichsstudien. Hinzugezogen werden Ergebnisse von Einzel-

versuchen und Pilotprojekten, da diese häufig wesentlich detaillierter darüber Aufschluss geben, welche Veränderungen auf der Ebene der konkreten Unterrichtsmethoden mit der Einführung von Computern verbunden sind. Diese Untersuchungen zeichnen meist auch ein facettenreicheres Bild von den kontextuellen Faktoren, die die Computernutzung im Schulunterricht bedingen.

Abschließend muss noch darauf hingewiesen werden, dass die Mehrzahl der zur Zeit vorliegenden Studien deskriptive Beobachtungen von Auswirkungen der Computernutzung im Unterricht sind. Die Grundlage der meisten Studien bilden Befragungen bei Lehrern und Schülern zu ihrer subjektiven Wahrnehmung von Unterrichtsveränderungen. Solche schriftlichen und mündlichen Selbstauskünfte unterliegen der Gefahr verschiedener Verzerrungen (Bortz & Döring, 1995). Insbesondere bei Lehrern und Schülern, die für die Teilnahme an einem prestige-trächtigen Pilotprojekt ausgewählt wurden, ist die Tendenz, dass sie sozial erwünscht antworten und das Projekt in einem positiven Licht darstellen, nicht ausgeschlossen. Die Analyse des Unterrichts durch unabhängige Beobachter und die Sammlung von Verhaltensdaten, die die Einschätzungen von Lehrern und Schülern absichern könnten, ist demgegenüber wesentlich seltener. Auch Untersuchungen, in denen Aussagen zu Unterrichtsveränderungen durch ein Kontrollgruppendesign überprüft wurden und Effekte von Lehrermerkmalen, Lerninhalten und Schülermerkmalen kontrolliert oder systematisch variiert wurden, liegen bisher so gut wie nicht vor. Das Hauptproblem bei der Realisierung solcher Studien besteht darin, dass Unterrichtsveränderungen sich sinnvoll nur im Feld, also in den Schulen, untersuchen lassen, wo eine systematische Variation der oben genannten Faktoren schwer umzusetzen ist. Zudem sind in den evaluierten Pilotprojekten zunächst oft nur wenige Klassen mit Computern ausgestattet worden, so dass auch deshalb ein einzelfallanalytisches Vorgehen die einzig mögliche Forschungsstrategie war. Schließlich kann eine vollständige Beschreibung von Unterricht, besonders seiner „inneren“ Seite wohl kaum ohne die subjektiven Eindrücke der beteiligten Lehrer und Schüler auskommen, auch wenn es sicher wünschenswert wäre, diese Daten mit der Wahrnehmung externer Beobachter zu triangulieren. In dem folgenden Überblick kann keine detaillierte Kritik jeder referierten Studie geleistet werden. Stattdessen soll versucht werden, konsistente Ergebnisse, die sich in unterschiedlichen Kontexten und trotz unterschiedlicher methodischer Mängel gezeigt haben, herauszuarbeiten.

3.3.1 Computerausstattung deutscher Schulen im internationalen Vergleich

Zwar wurde in den vergangenen Jahren immer wieder auf den Nachholbedarf, den deutsche Schulen gegenüber anderen Ländern im Hinblick auf die Computerausstattung haben, hingewiesen (Schnoor, 2000). Verlässliche Daten über die Anzahl und Nutzung von Computern in deutschen Schulen lagen indes lange Zeit nicht vor. Erstmalig wurde im März 2001 im Auftrag des Bundesministerium für Bildung und Forschung bundesweit der Stand der schulischen Computerausstattung in Deutschland erfasst (BMBF, 2001). Als Indikator für die Dichte der Computerausstattung im internationalen Vergleich hat sich das Schüler-Computer-Verhältnis durchgesetzt, da es genauer als die einfache Prozentzahl der mit Computern ausgestatteten Schulen erfasst, wie viele Computer tatsächlich für die unterrichtliche Nutzung zur Verfügung stehen. Computer, die lediglich in der schulischen Verwaltung genutzt werden, werden von diesen Zählungen in der Regel ausgenommen. Neuere Erhebungen differenzieren nach dem Alter der zur Verfügung stehenden Geräte, da für viele neuere Lern- und Anwendungsprogramme multimediafähige Computer erforderlich sind. Auch die Ausstattung mit Internetanschlüssen wird seit einigen Jahren in internationalen Erhebungen standardmäßig erfragt.

Die Dichte der Computerausstattung ist in vielen Industrienationen in den vergangenen Jahren sprunghaft angestiegen. Abb. 9 stellt exemplarisch die Entwicklung der Computerausstattung in den U.S.A. zwischen 1992 und 2000 dar.

Pelgrum (2001) zeigt anhand der SITES Daten auf, dass sich die Ausstattungsdichte in fast allen untersuchten Industrienationen zwischen 1995 und 1998 zumindest verdoppelt, teilweise gar verdreifacht hat (z. B. Frankreich, Dänemark, Japan, Neuseeland, Norwegen, Singapur, Kanada). 1998 hatten bereits zahlreiche Nationen ein Schüler-Computer Verhältnis von 10 : 1 oder darunter erreicht (z. B. Dänemark, Finnland, Norwegen, Kanada, Neuseeland, Singapur; Pelgrum, 2001).

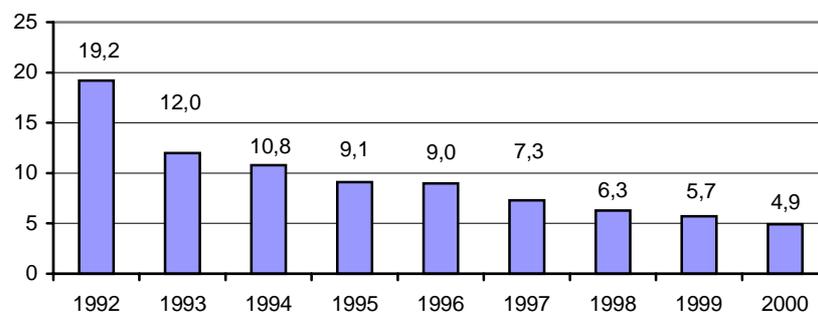


Abb. 9: Anzahl der Schüler pro Computer in den U.S.A. zwischen 1992 und 2000 (Meyer, 2001; S. 51)

Auch in Deutschland hat sich die Computerausstattung in den vergangenen Jahren deutlich verbessert. In den alten Bundesländern teilten sich 1995 noch 63 Schüler einen Computer (Schnoor, 2000). 1998 waren es bereits 36,5 Schüler⁵ (Hunneshagen et al., 2001). Im März 2001 ist die Quote auf 18 Schüler pro Computer gestiegen (BMBF, 2001). Im Mai 2002 gibt das BMBF eine Quote von 17 Schülern pro Computer an, und es wird davon ausgegangen, dass die Ausstattung sich weiterhin verbessern wird. Die Ausstattung ist dabei am schlechtesten in der Grundschule, wo 23 Schüler auf ein Gerät kommen und am besten in den Berufsbildenden Schulen, wo sich 13 Schüler einen Computer teilen.

Von den Computern, die deutschen Schülern zur Verfügung stehen, sind etwa zwei Drittel multimediafähig (BMBF, 2002), d. h. ein solches Gerät teilen sich in Deutschland 25 Schüler, wobei die Ausstattung wiederum in den Berufsbildenden Schulen am besten und in der Grundschule am schlechtesten ist. In den Vereinigten Staaten kamen im Jahr 2000 etwa acht Schüler auf einen Multimediacomputer (Meyer, 2001).

An das Internet angeschlossen sind in Deutschland nach Angaben des BMBF in 2002 alle deutschen Schulen. In anderen Industrienationen sind dies zwischen über 90% (Island, Kanada, Finnland, Singapur) und unter 30% (Bulgarien, Zypern, Russland; Pelgrum, 2001). Allerdings sind in Deutschland trotz der Vollausstattung nur 58% der vorhandenen Computer an das Internet angeschlossen, so dass sich ca. 29 Schüler einen Computer mit Netzzugang teilen. In den U.S.A. waren dies im Jahr 2000 nur etwa acht Schüler (Meyer, 2001).

Im internationalen Vergleich liegt Deutschland also trotz starker Steigerungsraten in den vergangenen Jahren in seiner schulischen Computerausstattung noch weit hinter einigen anderen Industrienationen. Das Land befindet sich heute auf einem Ausstattungsstand, den andere Nationen bereits vor 5 bis 10 Jahren erreicht hatten (Schnoor, 2000).

Die bisher eher geringe Ausstattungsdichte deutscher Schulen mit Computern spiegelt sich auch in der Forschungsliteratur zu Unterrichtsveränderungen durch Computer wider. Der weitaus größte Anteil von Evaluationen und Studien in diesem Bereich stammt aus dem angelsächsischen Raum, besonders den U.S.A. Auch wenn Unterschiede in den Schulsystemen der Länder die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das deutsche System einschränken (Breiter, 2001), zeigt sich in internationalen Vergleichsuntersuchungen, dass mit der Integration des Computers länderübergreifend durchaus ähnliche Erfahrungen gemacht wurden (Collis & Carleer, 1993). Die folgende Darstellung des Forschungsstandes zu Computern und Unterricht beruht deshalb auf internationalen Befunden. Die im zweiten Teil dieser Arbeit

⁵ Die Quote bezieht sich nur auf die Schulen, die am Modellversuch „Schulen ans Netz“ teilnahmen.

dargestellte empirische Studie leistet einen Beitrag dazu zu prüfen, wieweit sich die Ergebnisse auch in Deutschland replizieren lassen.

3.3.2 Unterrichtsmethodische Veränderungen

3.3.2.1 Computernutzung und genutzte Software

Während sich ein großer Teil der theoretischen Literatur zum Lernen mit Computern mit der Gestaltung und Lerneffektivität unterschiedlicher Formen von Lernsoftware auseinandersetzt, zeigt sich in verschiedenen Studien der schulischen Unterrichtspraxis, dass dort in den letzten Jahren die Nutzung von Werkzeug- und Anwendungssoftware deutlich gegenüber der Nutzung von Lernsoftware überwiegt (Anderson & Ronnkvist, 1999; Becker, 2000; Collis & Carleer, 1993; Doherty & Orlofsky, 2001; Duffy & McMahon, 1999; Dwyer, 1994; Meyer, 2001, Venezky & Davis, 2002).

Dafür spricht zum einen die schulische Software-Ausstattung: Anderson und Ronnkvist (1999) fanden in einer Befragung an 655 Schulen aller Schulstufen (TLC Studie), dass mehr als 80% der im Unterricht eingesetzten Schulcomputer mit Textverarbeitungs- (96%), Tabellenkalkulations- (83%), Datenbank- (81%) und Bildbearbeitungssoftware (80%) ausgestattet waren. Fachspezifische Software war dagegen nur auf zwischen 50% (Mathematik-spezifische Programme) und 12% (Fremdsprachen-spezifische Programme) der Schulcomputer installiert. Grundschulen verfügten deutlich häufiger über fachspezifische Software als Mittel- und Oberschulen. Die Ausstattung schulischer Computer erlaubt zwar keinen direkten Rückschluss auf die unterrichtliche Nutzung, sie spiegelt jedoch die in dieser und anderen Studien gefundenen Nutzungsdaten. Becker (2000) wertete die im Rahmen der selben Studie erhobenen Angaben von 4.083 Lehrern aus 1.150 Schulen (ab Klasse 4) zur Nutzung von Computern im Unterricht aus. Über alle Schulfächer und Unterrichtsformen hinweg wurde Anwendungssoftware, besonders ganze Softwarepakete (z. B. Clarisworks, Microsoft Works, Microsoft Office), als am nützlichsten für den Unterricht beurteilt. Befragt nach ihrer tatsächlichen Softwarenutzung im Unterricht (nur Programme, die häufiger als zehn Stunden pro Schuljahr genutzt wurden) wurde fächerübergreifend an erster Stelle Textverarbeitungssoftware genannt, die besonders im Englischunterricht (38% der befragten Lehrer), in der informationstechnischen Grundbildung (ITG, 76% der Befragten), in Businesskursen (78% der Befragten) und in der Grundschule⁶ (46% der Befragten) eingesetzt wurde. Drillsoftware und Lernspiele wurden am häufigsten in der Grundschule eingesetzt, wo

⁶ nicht nach Fächern differenziert

ein Drittel der befragten Lehrer angaben, diese mehr als 10 Stunden im Schuljahr genutzt zu haben. Für Simulationen und explorative Lernumgebungen wurde in allen Fächern nur eine geringe Nutzung angegeben. Am häufigsten wurden sie von Lehrern in ITG (22%), Business- (19%) und berufsvorbereitenden Kursen (21%) genutzt. Von allen befragten Fachlehrern zeigten die Mathematiklehrer die geringste Computernutzung. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen Collis und Carleer (1993) sowie Meyer (2001).

Die starke Verbreitung von Anwendungssoftware kann jedoch, anders als in Kapitel 3.2.4 dargestellt, nicht notwendig als Indikator für eine Hinwendung zu konstruktivistischen Unterrichtsmethoden gesehen werden.

So stellte sich im „Apple Classrooms of Tomorrow“-Projekt (Dwyer, 1994) heraus, dass Anwendungsprogramme wie Textverarbeitung, Graphikprogramme und Datenbanken vor allem deshalb bevorzugt eingesetzt wurden, weil zur Zeit der Untersuchung (1986-87) für die in den Schulen genutzten Macintosh-Computer kaum Lernsoftware existierte.

In ihrer faktorenanalytischen Untersuchung stellten Pelgrum und Schipper (1993) darüber hinaus fest, dass die Nutzung von Anwendungssoftware mit der Nutzung des Computers in der informationstechnischen Grundbildung und dem Lernen *über* Computer zusammenhängt, nicht jedoch mit der integrierten Nutzung des Computers im Fachunterricht. Anwendungssoftware wurde also auch noch Anfang der 1990er Jahre häufig nicht als kognitives Werkzeug im Fachunterricht eingesetzt, sondern stellte lediglich einen Unterrichtsgegenstand im informationstechnischen Unterricht dar.⁷

Einige neuere Studien deuten jedoch darauf hin, dass Anwendungsprogramme seit Mitte der 1990er Jahre zunehmend als kognitives Werkzeug im Rahmen eines konstruktivistischen Methodenkonzepts eingesetzt werden. So zeigt Becker (2000), dass konstruktivistisch orientierte Lehrer im Vergleich häufiger Anwendungssoftware einsetzen, während traditionell orientierte Lehrer am relativ häufigsten Drillsoftware und Simulationen bzw. explorative Lernumgebungen einsetzen. Auch in den Evaluationsstudien von Dwyer (1994) und Duffy und McMahon (1999) wird die Nutzung von Anwendungssoftware mit konstruktivistischem Lernen in Verbindung gebracht, während die Verwendung von Drillsoftware eher als Kennzeichen eines lehrergelenkten Unterrichtsstils begriffen wird.

⁷ Dieses Nutzungsmuster war übrigens in Deutschland von allen untersuchten Nationen am deutlichsten ausgeprägt.

3.3.2.2 Sozialformen

Die vorliegenden Befunde unterstützen insgesamt die Annahme, dass die Einführung von Computern zu einer Förderung des sozialen Lernens beitragen kann (Bertelsmann Foundation, 1998; Collis & Carleer, 1993; Chen & Looi, 1999; Duffy & McMahon, 1999; Dwyer, 1994; Eschenauer, 1999; Hammond, 1994; Schofield, 1997; Scott et al., 1992; Wiburg, Montoya & Sandin, 1999).

Unterschieden werden muss dabei zwischen Veränderungen der Sozialformen, die bewusst vom Lehrer eingesetzt werden und Veränderungen des Klassenklimas und der Interaktion, die sich häufig als nicht-intendierte Nebeneffekte des Computereinsatzes einstellen (Schofield, 1997). Auf beiden Ebenen scheint die Integration des Computers zu einem Ansteigen kooperativen Lernens und Verhaltens zu führen.

Auf der Ebene der vom Lehrer geplanten Sozialformen sind Gruppen- oder zumindest Paararbeit in der Regel eine organisatorische Notwendigkeit, da in den meisten Schulen nicht jedem Schüler ein eigenes Gerät für die Arbeit im Unterricht zur Verfügung steht. Schofield (1997) wie auch Peacock (1993) vertreten deshalb die Ansicht, dass der in zahlreichen Studien berichtete Anstieg kooperativer Arbeitsformen nicht ursächlich auf den Computer zurückgeführt werden könne, sondern vielmehr eine Folge der schulorganisatorischen Rahmenbedingungen sei.

Dem widersprechen jedoch Pilotversuche, die eine Vollaussstattung der Schüler mit Computern gewährleisteten (Duffy & McMahon, 1999; Dwyer, 1994). Das Projekte „Apple Classrooms of Tomorrow“ (Dwyer, Ringstaff & Sandholtz, 1990; Dwyer, 1994) und das „Buddy“ Projekt (Duffy & McMahon, 1999) statteten jeden Schüler mit zwei eigenen Computern, einem in der Schule und einem zuhause, aus. Ziel dieser Modellversuche, die als Vorläufer der heutigen Laptop-Projekte begriffen werden können, war es, festzustellen, ob und wie sich Unterricht und schulisches Lernen verändern, wenn eine Vollaussattung mit Computern erreicht ist. Auch in diesem Setting zeigte sich, dass die Kooperation und Interaktion der Schüler anstieg. Die Nutzung kooperativer Arbeitsformen im Unterricht mit Computern scheint also mehr zu sein als eine organisatorische Notwendigkeit. Dwyer und Mitarbeiter (1990) beobachteten allerdings, dass Veränderungen in den Sozialformen sich nicht genauso schnell einstellten, wie in Projekten, in denen Schüler sich gezwungenermaßen einen Computer teilten. Die Computer wurden von den Lehrern zunächst in ihren klassischen Unterrichtsstil integriert. Im ersten Projektjahr überwog der Klassenunterricht mit dem Computer, der jedoch in der Projektlaufzeit immer stärker zugunsten von kollaborativen Arbeitsformen zurückging. Ähnliche Erfahrungen berichten Wiburg et al. (1999) aus dem

zweijährigen „Nuestra Tierra“ Projekt, an dem sechs Schulen mit einem hohen Anteil latino-amerikanischer Schüler teilnahmen. In diesem Projekt wurde, nachdem anfänglich beobachtet wurde, dass die Lehrer relativ wenig von althergebrachten Lehrmethoden abrückten, ein begleitendes Schulungsprogramm in schülerzentrierten Unterrichtsformen für die Lehrer angeboten. Wiburg et al. führen den letztendlich beobachteten Anstieg kooperativer Arbeitsformen in erster Linie auf diese begleitende Schulung zurück. Auch Duffy und McMahon (1999) weisen auf die Wichtigkeit eines didaktischen Unterrichtskonzepts hin, das Kollaboration und Teamarbeit betont. Allerdings beobachteten sie auch in Klassen, in denen der Lehrer kein speziell auf kooperatives Arbeiten ausgerichtetes Unterrichtskonzept vertrat, einen Anstieg von Interaktion und Kooperation.

Ein ausgeprägtes Ergebnis, das in vielen Studien dokumentiert wurde, ist, dass die „informelle“ Interaktion der Schüler steigt, wenn Computer in den Unterricht integriert werden (Duffy & McMahon, 1999; Hunneshagen, Schulz-Zander & Weinreich, 2001b, Schofield, 1997, Wiburg et al. 1999). Dabei kommt es, besonders wenn mehrere Schüler sich einen Computer teilen, zwar auch zu gelegentlichen Spannungen (Bertelsmann Foundation, 1998; Schofield, 1997). Es überwiegt jedoch die Erfahrung, dass sich im Kontext der Computernutzung im Unterricht zahlreiche Gelegenheiten ergeben, einander zu helfen und zu unterstützen, wobei nicht nur der Lehrer, sondern (vielleicht gerade) auch die Schüler in der Lage sind, sachkundige Hilfe zu leisten. Typischerweise ist die Interaktion von Schülern im Kontext der Computernutzung kooperativ geprägt, wobei sich in der Klassengemeinschaft häufig „Schülerexperten“ herausbilden, was das Klassenklima in der Regel positiv beeinflusst (Bertelsmann Foundation, 1998; Hunneshagen et al., 2001b; Schofield, 1997).

Einige Studien widmen sich genauer der Qualität von Schülerinteraktionen, wenn sie am Computer arbeiten (Schofield, 1997 und Susman, 1998 im Überblick). Dabei wurde zwar in einzelnen Studien festgestellt, dass die aufgabenbezogene Kommunikation der Schüler zunahm, wenn der Computer genutzt wurde (Schofield, 1997; Dwyer, 1994). Susman (1998) führt jedoch zahlreiche Studien an, die zeigen, dass Gruppenarbeit mit dem Computer wenig effektiv ist, wenn die Schüler nicht genügend Anleitung erhalten, wie sie den Computer gemeinsam nutzen sollen. Häufig interagiert ein Gruppenmitglied mit dem Computer, während die anderen zuschauen. Interaktionen beschränken sich auf computer-technische Fragen, während eine inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Thema ausbleibt (Peacock, 1993; Hammond, 1994). Susman (1998) bemängelt weiterhin, dass nicht alle Lernprogramme eine sinnvolle Gruppeninteraktion unterstützen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch Schofield (1997), die unter Verweis auf Crook (1987) feststellt, dass abhängig von der Art der

genutzten Software bei Gruppenarbeit ganz unterschiedliche Verhaltensweisen (von abwechselnder Eingabe am Computer bis zu elaborierten Diskussionen) gezeigt werden. Sheingold, Hawkins und Char (1990) fanden in diesem Zusammenhang, dass die Wahl der Sozialform beim Einsatz von Software im Unterricht auch davon beeinflusst wurde, welches Verständnis der Lehrer von der Software hatte. In ihrer Meta-Analyse stellte Susman (1998) fest, dass die Qualität der Interaktion beim Arbeiten mit dem Computer tendenziell davon abhing, ob die Schüler vorher eine Anleitung für bzw. ein Training im gemeinsamen Arbeiten erhielten und welche Art Software sie nutzten. Drill and Practice Programme erwiesen sich in dieser Studie als weniger geeignet, kooperatives Lernen zu fördern als die Nutzung von tutorieller Lernsoftware bzw. Software, die komplexere Lernprobleme stellte.

Vor dem Hintergrund, dass das Potenzial des Computers häufig auch in der Bereitstellung individuell zugeschnittener Instruktion gesehen wird, ist es erstaunlich, wie selten neuere Evaluationen berichten, dass die Einführung des Computers generell zu einer verstärkten Individualisierung des Lernens und einer Zunahme der Einzelarbeit geführt hat. Schofield (1997) weist in ihrem Überblicksartikel über soziale Veränderungen im Unterricht durch die Integration des Computers darauf hin, dass verschiedene Studien erkennen lassen, dass Lehrer im Unterricht mit Computern weniger im Klassenverband unterrichten und sich stattdessen stärker mit einzelnen Schülern bzw. Schülergruppen beschäftigen. Methodisch sei ein Rückgang von lehrerzentrierten Unterrichtsformen zugunsten von individualisierten, interaktiven und schülerzentrierten Lernformen zu beobachten. Ob dabei jedoch alle Schüler in Einzelarbeit lernen, wird nicht klar. Angesichts der o. g. Rahmenbedingungen in den meisten Modellversuchen ist zu vermuten, dass immer nur ein Teil der Schüler individuell mit dem Computer lernen kann. Entsprechend berichtet Veen (1993), der anhand von vier Fallstudien untersuchte, wie Lehrer den Computer in ihren Unterricht integrierten, dass ein typisches Muster darin bestand, einzelne, meist schlechtere Schüler mit dem Computer individuell üben zu lassen, während der Rest der Klasse andere Einzel- oder Gruppenaufträge erhielt. Auch in anderen Evaluationen wird berichtet, dass der Computer in Einzelarbeit vor allem zur Förderung schlechter bzw. lernbehinderter Schüler mit Drill and Practice Programmen oder zur Belohnung guter Schüler eingesetzt wurde (Duffy & McMahon, 1999; Valdez et al., 2000). Eine solche Nutzung überwog in einer Studie von Wenglinski (1998; auch bei Becker Wong & Ravitz, 1999) in Klassen mit niedrigem Sozialstatus. Die Nutzung von Drillsoftware hing mit schlechteren mathematischen Leistungen zusammen als die Nutzung anspruchsvollerer

Programme, z. B. zur Förderung des kreativen Problemlösens.⁸ Vermutlich hat es auch mit den Zielsetzungen der evaluierten Modellversuche zu tun, dass eine Individualisierung des Lernens in jüngerer Zeit selten beobachtet wurde, denn kollaboratives Lernen ist ein integraler Bestandteil des konstruktivistischen Unterrichtskonzepts, das durch die Einführung des Computers gefördert werden sollte.

3.3.2.3 Handlungsmuster

Bezüglich der Handlungsmuster wurde in einigen Studien eine gesteigerte Methodenvielfalt im Unterricht mit dem Computer beobachtet (Collis & Carleer, 1993; Dwyer et al., 1990). Dabei wird, übereinstimmend mit den unter 3.1 und 3.2 dargestellten Vermutungen, vor allem ein Anstieg schülerzentrierter Arbeitsformen festgestellt. Die Forschungsergebnisse sind jedoch nicht immer eindeutig. Becker und Mitarbeiter (1999) konstruierten vier Methodengebiete, in denen sie Veränderungen durch die Einführung des Computers erwarteten: Reflektives Schreiben (d. h. Aufsatzformen, in denen Schüler ihre eigene Arbeit und ihre Denkweisen beschreiben und reflektieren, z. B. in der Form eines Tagebuchs), divergentes Denken (d. h. Unterrichtsmethoden, die die Schüler anregen, Lerninhalte aus verschiedenen Perspektiven darzustellen und zu überdenken, z. B. durch Gruppendiskussionen oder Visualisierungsverfahren wie Mindmapping), Projektarbeit (d. h. langfristige, selbstgeplante Arbeitsaufträge, bei denen ein Produkt erstellt wird, das teilweise auch außerhalb der Schule zur Kenntnis genommen wird) und gemeinsames Problemlösen (d. h. die Arbeit an Aufgaben, für die es keine eindeutige Lösung gibt oder an selbstgestellten Aufgaben). Sie verglichen für diese vier Unterrichtsbereiche, inwieweit sich Unterschiede zwischen Schulen mit hoher und geringer Computerausstattung sowie mit und ohne begleitende Unterrichtsreformprogramme ergaben. Die Ergebnisse zeigten kein besonders deutliches Muster. Zwischen den Schulen mit hoher Computerausstattung, aber unterschiedlichen Reformprogrammen, bestanden teilweise erhebliche Unterschiede in der Häufigkeit, mit der die verschiedenen Methoden eingesetzt wurden. Die von ihnen detailliert evaluierten Schulen des „Co-NECT“ Programms, deren Zielsetzung bei der Integration des Computers eine Steigerung des projektbasierten, interdisziplinären Lernens in authentischen und realistischen Anwendungssituationen war, zeigten besonders hohe Werte in den Unterrichtsdimensionen reflektives Schreiben, divergentes Denken und Projektarbeit. Schulen, die den Computer unter anderen Zielsetzungen einführen, lagen auf diesen Dimensionen jedoch deutlich unter den Werten der „Co-NECT“ Schulen,

⁸ Diese Korrelationsstudie erlaubt jedoch keine Aussage darüber, ob die Nutzung unterschiedlicher Software die Ursache oder die Folge der Unterschiede in den Mathematikleistungen der Schüler ist.

zum Teil sogar unter den Werten der nationalen Vergleichsstichprobe. Die Ergebnisse von Becker et al. (1999) legen deshalb den Schluss nahe, dass der Inhalt des begleitenden Reformprogramms bzw. die Zielsetzung des Computereinsatzes einen größeren Einfluss auf die Veränderung des Unterrichts hat als die Bereitstellung von Computern an sich.

Es zeichnet sich jedoch ab, dass die Einführung der Computer die Realisierung eigenständiger Projektarbeit und selbstgesteuerten, explorativen Lernens erleichtert (Bertelsmann Foundation, 1998; Dwyer, 1994; Wiburg et al., 1999). Der Computer mit seinen vielfältigen Möglichkeiten, Informationen zu sammeln, zu visualisieren, zu ordnen und aufzubereiten erweitert den Spielraum, den Lehrer für die Realisierung dieser Arbeitsformen im Unterricht haben. Dwyer (1994) fasst die Erfahrungen aus dem „Apple Classrooms of Tomorrow“-Projekt zusammen, die exemplarisch für andere Pilotprojekte stehen können:

What is technology's role in this? Personal computers, printers, laserdisc players, VCRs, scanners, and general-purpose tool software like word processors and *HyperCard* provide an excellent platform - a conceptual environment - where children can collect information in multiple formats and then organize, play, visualize, link, and discover relationships among facts and events. Students can then use the same technologies to communicate their ideas to others to argue and critique their beliefs, to persuade and teach others, and to add greater levels of understanding to their own growing knowledge.

(Dwyer, 1994; S. 7)

In verschiedenen Studien deutet sich also an, dass Computer auf der Ebene der Handlungsmuster tatsächlich die „katalysatorische“ Wirkung für die Veränderung haben können, die ihnen verschiedentlich zugeschrieben wird (Becker et al., 1999; Dwyer, 1994, Wiburg et al., 1999).

3.3.2.4 Rollenverständnis

Insbesondere während der ersten Welle der Computerintegration in den 1980er Jahren wurde heftig debattiert, ob der Computer den Lehrer aus der Schule verdrängen würde (Kamke-Martasek, 2001; Schofield, 1997). Aus heutiger Sicht erscheint diese Befürchtung unbegründet. Schofield (1997) verweist auf eine eigene Studie, die gezeigt hat, dass selbst Intelligente Tutorielle Systeme, die von allen Lernprogrammtypen noch am ehesten dazu gedacht sind, den Lehrer zu ersetzen, zentrale Lehrfunktionen im Unterricht wie das Beantworten komplexer Fragen nicht übernehmen können. Davon abgesehen ist wohl auch kein Computerprogramm in der Lage, die sozialen und emotionalen Aufgaben eines Lehrers im Unterricht zu leisten.

Im Zusammenhang mit den im vorhergehenden Abschnitt genannten Veränderungen bei Sozialformen und Handlungsmustern ist in zahlreichen Studien festgestellt worden, dass sich die Selbstwahrnehmung der Lehrer von der einer Autorität, deren Aufgabe es ist, im Unterricht Wissen an die Schüler zu vermitteln, zu der eines Helfers und Lernberaters verändert (Becker, 2000; Bertelsmann Foundation, 1998; Duffy & McMahon, 1999; Dwyer et al., 1990; Hinsch & Schneider, 2001; Olson, 1988; Schofield, 1997; Wiburg et al., 1999). Die unter 3.2. geäußerte Annahme scheint sich also zu bestätigen. Verschiedene Studien zeigen, dass sich dieses Rollenbild verstärkt, je länger Lehrer mit Computern unterrichten (Becker, 2000; Dwyer et al., 1990). Die Veränderung des Rollenverständnisses vollzieht sich jedoch nicht immer problemlos. So berichten Beynon und Mackay (1993) von mehreren Studien, in denen die Lehrer zwar der Einführung von Computern gegenüber positiv eingestellt waren, sich jedoch in ihrer Rolle als Wissensvermittler bedroht fühlten (vgl. auch Hinsch & Schneider, 2001). Insbesondere damit, den Schülern mehr Verantwortung für ihren Lernprozess zu übertragen, scheinen viele Lehrer Probleme zu haben. Sie sind sich dabei vor allem unsicher, ob und wie sie die curricular gesteckten Lernziele mit schülerzentrierten, offenen Methoden wie z. B. dem Projektunterricht erreichen können (Dwyer, 1994; OECD, 1989; Sheingold et al., 1990; Wiburg et al., 1999).

Neben den veränderten Handlungsmustern stellt sich als ein weiterer Grund dafür, dass sich die Rolle des Lehrers im Unterricht durch die Einführung des Computers verändert, heraus, dass die Schüler dem Lehrer im Hinblick auf den Umgang mit dem Computer häufig überlegen sind (Duffy & McMahon, 1999; Hunneshagen et al., 2001b; Schofield, 1997). Auch wenn gelegentlich berichtet wird, dass dieser Wissensvorsprung der Schüler von Lehrern als Bedrohung erlebt wird (Hinsch & Schneider, 2001), sehen viele Studien hierin eine Bereicherung, die im Unterricht produktiv genutzt werden kann (Duffy & McMahon, 1999; Hunneshagen et al., 2001; Schofield, 1997).

Inwieweit sich die Veränderung der Lehrerrolle ursächlich auf die Einführung des Computers zurückführen lässt, ist unklar. Die Ergebnisse verschiedener Studien deuten darauf hin, dass nicht nur die Einführung des Computers auf die Lehrerrolle wirkt, sondern dass es auch von der Einstellung des Lehrers abhängt, ob und wie er Computer im Unterricht einsetzt (z. B. Venezky & Davis, 2002). Dies belegt die bereits unter 3.4.2.1 dargestellte TLC Studie von Becker (2000), die zeigt, dass konstruktivistisch orientierte Lehrer den Computer deutlich häufiger einsetzen als traditionell orientierte Lehrer. In ähnlicher Weise schließen Duffy und McMahon (1999) aus ihren Beobachtungen im „Buddy“ Projekt, dass die Einstellung der Lehrer bzw. die persönliche Unterrichtsphilosophie entscheidend dafür ist, wozu sie Compu-

ter im Unterricht nutzen. Je stärker sie einen schülerzentrierten Unterrichtsansatz vertraten, desto eher waren sie bereit, Kontrolle im Unterricht an die Schüler abzugeben. Direkt wurde dieser Zusammenhang in den Studien von Veen (1993) und McCraw, Meyer und Tompkins (1995) untersucht, die beide fanden, dass die Nutzung des Computers einem bestehenden Lehrstil untergeordnet wurde. In beiden Studien führte die Einführung des Computers nur bei solchen Lehrern, die ohnehin eine eher schülerzentrierte Unterrichtsphilosophie vertraten, zu einer Veränderung der Lehrerrolle weg von der des Wissensvermittlers hin zu der eines Helfers und Lernberaters. Entsprechend haben auch einige Studien ergeben, dass die Rolle des Lehrers sich durch die Einführung des Computers nicht verändert hat (Carey, 1991; Riel, 1989).

Lehrer- und Schülerrolle im Unterricht sind unmittelbar miteinander verknüpft. Insofern ist es nicht erstaunlich, dass die Studien, die eine Veränderung in der Rolle des Lehrers gefunden haben, auch auf Schülerseite von Veränderungen berichten. Im gleichen Maße, wie die Lehrer das Verhalten der Schüler im Unterricht weniger steuern und kontrollieren, wurde auf Schülerseite eine Zunahme der Unabhängigkeit und Selbständigkeit bei der Nutzung des Computers und bei der Selbstorganisation ihres Lernens festgestellt (Bertelsmann Foundation, 1998; Collis & Carleer, 1993; Dwyer et al., 1990; Eschenauer, 1999; Schofield, 1997; Scott et al., 1992). Schofield (1997) referiert verschiedene Studien, die ergaben, dass die Schüler im Unterricht mit Computern den Eindruck haben, mehr bei der Wahl von Lernformen und der Unterrichtsstrukturierung mitbestimmen zu können. Duffy und McMahon (1999) stellten fest, dass die Schüler im Unterricht mit Computern öfter Gelegenheit erhielten, die Rolle des Lehrers zu übernehmen und dadurch ein besseres Verständnis für Lehrer- und Schülerrolle entwickelten. Die Entwicklung einer gleichberechtigten Lerngemeinschaft von Lehrern und Schülern wurde so unterstützt. Auch Hinsch und Schneider (2001) berichten aus einer Schülerbefragung im Rahmen des Projekts „Schulen ans Netz“, dass die Schüler ihr Verhältnis zum Lehrer im Unterricht mit Computern als positiver, lockerer, persönlicher und entspannter wahrnahmen.

Auf affektiv-motivationaler Ebene sind diese Veränderungen in der Regel mit positiven Folgen verbunden. Schofield (1997) gelangt in ihrem Literaturüberblick zu der Auffassung, dass höhere Motivation und positive Effekte auf affektive Variablen zu den konsistentesten Ergebnissen der Untersuchungen von computerbasierter Instruktion zählen. Sie fasst eine Fülle von Studien zusammen, die beständig gezeigt haben, dass der Einsatz des Computers zu mehr Interesse und Freude der Schüler am schulischen Lernen, zu höherem Engagement, größerer Ausdauer, längerer Beschäftigung mit dem Lernstoff und regelmäßigerem Schul-

besuch führte (vgl. auch Bertelsmann Foundation, 1998; Chen & Looi, 1999; Collis & Carleer, 1993; Duffy & McMahon, 1999; Dwyer et al., 1990; Hammond, 1994; Wiburg et al., 1999). Verbunden mit der erhöhten Motivation berichten einige Studien darüber hinaus, dass die Einführung des Computers für viele Schüler eine positive Wirkung auf ihr Selbstvertrauen und Fähigkeitskonzept hatte. Häufig wird berichtet, dass die Schüler stolz auf die Produkte waren, die sie im Unterricht mit dem Computer erstellt haben (Chen & Looi, 1999; Duffy & McMahon, 1999; Dwyer, 1994). Lernschwache Schüler erhielten teilweise durch den Computer eine besondere Förderung und konnten ihre Schwächen durch die Nutzung des Computers kompensieren. Sie konnten sich dadurch besser in den Unterricht einbringen, was sie in ihrem Selbstvertrauen bestärkte (Duffy & McMahon, 1999).

Auch einige Meta-Studien erfassen neben der Lerneffizienz Ergebnisse zu Motivation und Einstellung der Schüler (Bangert-Drowns, Kulik & Kulik, 1985; Fletcher-Flinn & Gravatt, 1995; Kulik & Kulik, 1991). Gesondert betrachtet wurden dabei die Effekte auf die Einstellung zum Computer, zum Unterrichtsfach und zur Unterrichtsmethode. Die Größe der Stichproben war für diese Analysen teilweise sehr klein, so dass die Aussagekraft der Ergebnisse begrenzt ist. Übereinstimmend wurden für alle Variablen positive Effekte gefunden, allerdings waren diese unterschiedlich groß (vgl. Tab. 6). Die größten Effekte wurden für die Unterrichtsmethode festgestellt, die tendenziell geringsten Effekte ergaben sich für die Einstellung zum Unterrichtsfach.

Meta-Analyse	Einstellung zu Computern	Einstellung zur Unterrichtsmethode	Einstellung zum Unterrichtsfach
Bangert-Drowns, Kulik & Kulik (1985)	.62 (N = 4)	.39 (N = 2)	.09 (N = 11)
Kulik & Kulik (1991)	.34 (N = 19)	.28 (N = 22)	.05 (N = 32)
Fletcher-Flinn & Gravatt (1995)	.07 (N = 7)	.50 (N = 10)	.24 (N = 6)

Tab. 6: Auswirkung computerbasierter Instruktion auf die Einstellung der Schüler (Effektstärke und Stichprobengröße)

Bezüglich der Motivation wird von Kritikern darauf hingewiesen, dass die positiven Effekte eventuell lediglich dem Neuheitseffekt des Computers zuzuschreiben und somit nicht von Dauer sind (Clark, 1985). Fletcher-Flinn und Gravatt (1995) und Kulik und Kulik (1991) werteten deshalb Studien von kürzerer Dauer (ein bis vier Wochen) und längerer Dauer (mehr als vier Wochen) getrennt aus. Beide Analysen kamen zu dem Ergebnis, dass kürzere Treatments größere Effekte zeigten, was auf das Vorhandensein eines Neuheitseffekts hindeutet. Die größeren Effekte bei kürzeren Studien könnten sich jedoch auch auf eine strengere experimentelle Kontrolle in diesen Studien zurückführen lassen (Kulik & Kulik, 1991). Schofield (1997) gibt zu bedenken, dass sich der Neuheitseffekt im schulischen Alltag

vermutlich ohnehin nicht so schnell abnutzt, da die Schüler, anders als in Modellversuchen, nur sehr begrenzte Zeit mit Computern arbeiten. Darüber hinaus haben Langzeitstudien eine gleichbleibend hohe Motivation über längere Zeiträume gezeigt (Bertelmann Foundation, 1998; Dwyer, 1994).

3.3.2.5 Unterrichtsziele und Lerninhalte

Den meisten Modellversuchen zur Integration des Computers liegen bestimmte pädagogische Zielvorstellungen zugrunde. Seit den 1990er Jahren verfolgen Pilotprojekte dabei zumeist explizit das Ziel, konstruktivistisches Lernen in der Schule zu fördern (Becker et al., 1999; Collis & Carleer, 1993; Duffy & McMahon, 1999; Eschenauer, 1999; Mandl, Reinmann-Rothmeier & Gräsel, 1998; Venezky & Davis, 2002; Wiburg et al., 1999). In Kapitel 3.1 wurde erläutert, wie sich eine solche Entwicklung aus den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, in die die Schule eingebunden ist, ergibt. Collis und Carleer (1993), die in einer multiplen Fallstudie die Erfahrungen, die an neunzehn verschiedenen Schulen aus sechs Ländern mit der Integration von Computern gemacht wurden, zusammenfassen, stellen fest, dass in keiner der von ihnen untersuchten Schulen eine Verbesserung der Fachleistungen von Schülern im Rahmen des traditionellen Unterrichts angestrebt wurde. Stattdessen standen lehrer- bzw. schulbezogene Ziele bei der Integration des Computers im Vordergrund. Mit der Einbindung des Computers war in den meisten Fällen die Vorstellung verbunden, eine Innovation der Unterrichtspraxis anzustoßen, wobei Collis und Carleer kritisieren, dass die Zielvorstellungen von den Schulen häufig vage formuliert sind und sich der Messbarkeit entziehen.

Aber auch auf der konkreten methodischen Ebene wurde untersucht, wie sich Lernziele und -inhalte im Unterricht mit Computern verändern. Hunneshagen et al. (2001) befragten Lehrer dazu, welche Lernziele sie mit dem Einsatz von Computer und Internet verbinden. Zu den häufigsten Nennungen zählten die Förderung sozialer Kompetenzen und des eigenständigen, selbstverantwortlichen Lernens, von Methodenkompetenzen (speziell im Hinblick auf den Umgang mit Information) sowie die Stärkung von Medienkompetenz. Die Förderung der fachlichen Leistungen wurde in ihrer Befragung ebenfalls von etwa 70% der Lehrer als Ziel des Computereinsatzes genannt. Weiterhin spielten affektive Lernziele eine große Rolle. Mehr als 80% waren der Ansicht, den Computer zur Förderung der Lernfreude und Motivation einsetzen zu können. Dabei unterschieden sich Lehrer, die den Computer regelmäßig nutzen, von unregelmäßigen Nutzern. Bei fast allen Items war die Zustimmung, dass sich bestimmte Lernziele durch den Einsatz des Computers fördern lassen, bei den regelmäßigen

Nutzern größer. Besonders ausgeprägt war dieser Unterschied hinsichtlich sozialer Lernziele. Einig waren sich die beiden Nutzergruppen dagegen in Hinblick auf die Lernziele Medienkompetenz und Informationsrecherche, denen in beiden Gruppen 90% der Befragten zustimmten.

Auch in einigen anderen Untersuchungen zeigte sich ein Zusammenhang von Erfahrung mit dem Einsatz des Computers, pädagogischer Einstellung und konstruktivistischen Unterrichtszielen (Becker, 2000; Duffy & McMahon, 1999, Dwyer et al., 1990). Duffy und McMahon (1999) fanden, dass Lehrer, die Probleme mit der Integration des Computers in den Unterricht im Rahmen eines konstruktivistischen Unterrichtskonzepts hatten, stattdessen den Erwerb von technischen Umgangskompetenzen als Lernziel betonten. Becker et al. (1999) stellten in ähnlicher Weise fest, dass Lehrer, die an dem konstruktivistisch orientierten „Co-NECT“ Projekt teilnahmen, weniger Wert auf die Vermittlung von Computerkompetenz legten als Lehrer der Vergleichsgruppe.

3.3.3 Lerneffektivität

Stärker als die Unterrichtspraxis stand in den vergangenen Jahrzehnten die Frage nach der Lerneffektivität des Computers im Zentrum der Forschungsbemühungen zum Komplex Computer und Schule. Deshalb werden an dieser Stelle einige zentrale Ergebnisse diesbezüglicher Untersuchungen wiedergegeben, auch wenn die Wirkung von Computern auf die Lernleistung von Schülern nicht im Zentrum der vorliegenden Arbeit steht.

Die Anzahl der Forschungsarbeiten, die seit den 1960er Jahren durchgeführt worden sind, um die Lerneffektivität des Computers zu belegen, ist heute kaum noch zu überblicken. Die Ergebnisse der Studien sind widersprüchlich. Längst nicht immer konnte nachgewiesen werden, dass computer-unterstütztes Lernen traditionellen Instruktionmethoden überlegen ist. Mittels meta-analytischer Techniken (Glass, McGaw & Smith, 1981) wird versucht, die Flut der Studien und Experimente zu systematisieren und Trends, die sich studienübergreifend zeigen, sichtbar und nachweisbar zu machen. Gegenüber narrativen Zusammenfassungen des Forschungsstands und einfachen Gegenüberstellungen signifikanter und nicht-signifikanter Ergebnisse bietet diese Methode den Vorteil einer größeren Objektivität und Nachvollziehbarkeit wie auch der zufallskritischen Absicherung von studienübergreifend erkennbaren Zusammenhängen.

Grundsätzlich und konsistent wurde in allen Metastudien ein schwacher Vorteil von computerbasierter Instruktion gegenüber traditioneller Instruktion gefunden (vgl. Tab. 7).

In den meisten Meta-Analysen wurde dabei nicht nach Programmtyp differenziert. Insbesondere bei den älteren Studien ist jedoch davon auszugehen, dass primär tutorielle Programme und Drill and Practice Programme in die Evaluation eingegangen sind, da Simulationen und Mikrowelten erst in den 1980er Jahren, hypermediale Programme sogar erst in den 1990er Jahren entwickelt und im Schulunterricht eingesetzt wurden. Gleiches gilt für das Konzept von Anwendungssoftware als kognitivem Werkzeug. Die in Meta-Analysen festgestellten Effektgrößen reichen von .127 (Christmann & Badgett, 2000) bis .502 (McNeil & Nelson, 1991). Nach Cohen (1977) ist damit die Effektivität des computerbasierten Lernens als positiv, wenn auch als gering zu beurteilen. Laut Tallmadge (1977, zit. nach Christmann, Badgett & Lucking (1997) können zwar bereits Effektgrößen von .25 im pädagogischen Kontext als bedeutsam angesehen werden. Gemessen an der Effektgröße, die in Meta-Analysen anderer pädagogisch-didaktischer Maßnahmen gefunden wurden, ist der Effekt computerbasierter Instruktion jedoch bestenfalls durchschnittlich. So berichtet Hattie (1990, 1992) aufgrund einer Zusammenfassung von 337 Meta-Analysen unterschiedlicher pädagogischer Maßnahmen eine mittlere Effektgröße von .40.

Meta-Analyse	Vergleich von ...	Schulniveau	Anzahl d. Studien	Zeit-raum	Durchschn. Effektgröße
Bangert-Drowns, Kulik & Kulik (1985)	CAI vs. trad. Instruktion	Sekundarstufe	51	1968-1982	.25
Kulik, Kulik & Bangert-Drowns (1985)	CAI vs. trad. Instruktion	Grundschule	44	1968-1983	.40
Kulik & Kulik (1991)	CAI vs. trad. Instruktion	Grundschule und Sekundarstufe	248	1968-1986	.30
Liao & Bright (1991)	Programmieren vs. trad. Instruktion	Grundschule, Sekundarstufe und College	65	1969-1989	.41
McNeil & Nelson (1991)	Interaktives Video vs. trad. Instruktion	nicht angegeben	63	1978-1988	.502
Azevedo & Bernhard (1995)	CAI mit Feedback vs. CAI ohne Feedback	nicht angegeben	22	1966-1992	.80
Fletcher-Flinn & Gravatt (1995)	CAI vs. trad. Instruktion	Vorschule/Kinder-garten, Grundschule, Sekundarstufe, College, Erwachsenen-bildung	120	1987-1992	.24
Niemiec, Sikorski & Walberg (1996)	CAI mit Lerner-kontrolle vs. CAI mit System-kontrolle	Grundschule, Sekundarstufe, College	24	nicht angeg.	-.41
Christmann, Badgett & Lucking (1997)	CAI vs. trad. Instruktion	Sekundarstufe	26	1985-1995	.187
Christmann, Badgett & Lucking (1997b)	CAI vs. trad. Instruktion	nicht angegeben	27	1985-1995	.21
Christmann & Badgett (1999)	CAI vs. trad. Instruktion	nicht angegeben	11	1985-1995	.266
Christmann & Badgett (2000)	CAI vs. trad. Instruktion	College	18	1983-1996	.127

Tab. 7: Meta-Analysen zur Lerneffektivität computerbasierter Instruktion

Neben der allgemeinen Lerneffektivität sind in den vorliegenden Meta-Analysen unterschiedliche Merkmale erhoben worden, um Aufschluss darüber zu erlangen, unter welchen Voraus-

setzungen und für welche Lernergruppen die Nutzung des Computers besonders lernförderlich wirkt.

3.3.3.1 Lernermerkmale, Schulfach und Anwendungskontext

Die Ergebnisse verschiedener Studien deuten darauf hin, dass computerbasiertes Lernen für jüngere Lernende größere Effekte bringt als für ältere. Während die Effektgrößen für Vor- und Grundschüler zwischen .40 (Kulik et al., 1985) und .55 (Fletcher-Flinn & Gravatt, 1995) liegen, erreichen sie für Schüler der Sekundarstufe und des College-Levels in der Regel nur Effektgrößen um .20 oder darunter (Bangert-Drowns et al., 1985; Christmann et al., 1997; Christmann & Badgett, 2000; Fletcher-Flinn & Gravatt, 1995). Bezüglich der kognitiven Fähigkeiten stellen Kulik et al. (1985) einen leichten Vorteil für lernschwache Schüler fest. Fletcher-Flinn und Gravatt (1995) konnten diesen Vorteil in ihrer Folgeanalyse jedoch nicht bestätigen.

Verschiedene Studien (Bangert-Drowns et al., 1985; Fletcher-Flinn & Gravatt, 1995; Kulik et al., 1985; Kulik & Kulik, 1991) untersuchen, ob sich in Abhängigkeit des Lerninhalts bzw. des Schulfachs Unterschiede in der Lerneffektivität des Computers ergeben. In der Regel zeigen sich dabei keine signifikanten Unterschiede. Die im Vergleich größte Effektstärke wird jedoch übereinstimmend für das Fach Mathematik festgestellt. Relativ schlecht schneidet, ebenfalls übereinstimmend, der Bereich Lesen und Schreiben ab.

3.3.3.2 Lernprogrammtypen und Designmerkmale

Meta-Studien, die unterschiedliche Formen computerbasierter Instruktion hinsichtlich ihrer Lerneffektivität miteinander vergleichen, sind eher selten. Bangert-Drowns et al. (1985) finden eine höhere Effektstärke bei Übungsprogrammen und tutoriellen Systemen als bei „Computer-Enriched Instruction“ (z. B. durch Simulationen oder die Verwendung des Computers zum Programmieren). Die Effektivität von Übungsprogrammen und tutoriellen Systemen bestätigt sich auch in den Studien von Kulik, et al. (1985) und von Kulik und Kulik (1991). McNeil und Nelson (1991) und Fletcher-Flinn und Gravatt (1995) finden dagegen nur geringe und nicht signifikante Unterschiede zwischen den von ihnen untersuchten Programmformen.

3.3.4 Rahmenbedingungen des Computereinsatzes

In den vorangegangenen Ausführungen zu Unterrichtsveränderungen, die mit der Integration des Computers verbunden sind, wurde bereits an verschiedenen Stellen auf die Bedeutung unterschiedlicher Rahmenbedingungen, z. B. Ausstattung, pädagogische Zielvorstellungen von Pilotprojekten oder individueller Lehrereinstellungen hingewiesen. Die Frage danach, ob und wie sich der Unterricht durch die Einführung des Computers verändert, kann nicht außerhalb dieses Kontextes betrachtet werden. Die Untersuchung der Kontextbedingungen geht aus von der Beobachtung, dass der Computer außerhalb der im Vorangegangenen referierten Pilotprojekte, in denen die Computernutzung mit viel Aufwand gefördert wurde, im schulischen Alltag kaum eine Rolle spielt. So stellte Bosch (1993) bei der Beobachtung von 90 zufällig ausgewählten Unterrichtseinheiten in verschiedenen US-amerikanischen Mittelschulen fest, dass Computer nicht in einer einzigen Stunde genutzt wurden. 30% der von ihr besuchten Klassenräume verfügten zwar über einen Computer. In den meisten Fällen war dieser jedoch offensichtlich seit längerem nicht benutzt worden. Auch in anderen Studien wird der Prozentsatz der Lehrer, die regelmäßig mit Computern im Unterricht arbeiten, als gering eingeschätzt. Pelgrum und Schipper (1993) berichten aus der IEA-CompEd Studie von durchschnittlich 20% der Lehrer, die den Computer regelmäßig im Unterricht einsetzen. Veen (1993) geht gar von unter 10% aus. Auch aus den neueren Ergebnissen des BMBF (2001) für Deutschland lässt sich schließen, dass der Computer von der Mehrheit der Lehrer bisher selten oder gar nicht im Fachunterricht eingesetzt wird. Mit der Nutzung des Internet sieht es ähnlich aus: Scholl und Prasse (2001) finden in der Evaluation des Projekts „Schulen ans Netz“, dass zwischen 3 und 15% der Lehrer eines Kollegiums das Internet im Unterricht nutzen. Die Daten des BMBF (2001) bestätigen eine äußerst geringe Nutzung. Der Einsatz beschränkt sich dabei auf wenige Fächer, insbesondere die Informationstechnische Grundbildung (vgl. auch Hunneshagen et al., 2001). Auch in amerikanischen Studien (Becker, 2000) wird bemängelt, dass der Computer deutlich seltener im Fachunterricht genutzt wird als in Computer- oder Businesskursen. Im Vergleich zu den deutschen Daten liegt der Prozentsatz der Lehrer, die den Computer regelmäßig fachlich integriert nutzen, jedoch etwas höher (zwischen 24% im Englischunterricht und 11% im Mathematikunterricht).

Die Gründe für den mangelnden Einsatz des Computers im Unterricht können auf verschiedenen Ebenen gesucht werden. Pelgrum (2001) teilt die in der SITE-Studie von Administratoren und Schulleitern geäußerten Begründungen in materielle und nicht-materielle Gründe ein. Zu den materiellen Gründen zählen dabei die Ausstattung betreffende Gründe (zu wenige oder zu alte Computer, Fehlen von Peripheriegeräten, Software und Internetanschlüssen), während er

unter immateriellen Gründen Lehrervariablen (mangelndes Wissen und Fertigkeiten, fehlende pädagogische Konzepte, fehlende Zeit zur Vorbereitung) und schulorganisatorische Gründe (mangelnde Zeit im Unterricht, fehlende technische Unterstützung, fehlende Unterstützung der Schulleitung) zusammenfasst. Diese Gründe decken mehr oder weniger das Spektrum ab, das auch in zahlreichen anderen Untersuchungen zu Barrieren der Computernutzung im Unterricht gefunden wurde (Becker, 2000; Bosch, 1993; Cuban, 1993; Fabry & Higgs, 1997; Hunneshagen et al., 2001; Meyer, 2001; Mooij & Smeets, 2001; Ross, Hogaboam-Gray & Hannay, 1999, Scholl & Prasse, 2001; Veen, 1993; Venezky & Davis, 2002). Uneinigkeit besteht dabei bei der Gewichtung der unterschiedlichen Faktoren. An erster Stelle steht zumeist die materielle Ausstattung. In der Befragung von Pelgrum (2001) war eine mangelhafte Ausstattung das am häufigsten genannte Hindernis für die Integration von Computern in den Unterricht und auch bei Meyer (2001) sowie Venezky und Davis (2002) wurde in der mangelnden Zahl der zur Verfügung stehenden Computer eine der wichtigsten Barrieren für den Computereinsatz gesehen. Es scheint auf der Hand zu liegen, dass in den Schulen zunächst eine ausreichende Zahl von Computern zur Verfügung stehen muss, damit die Lehrer diese ohne zu großen organisatorischen Aufwand in den Unterricht integrieren können. Entsprechend sehen verschiedene Vorschläge zu Strategien der Technik-Integration in der Schule als ersten Schritt vor, die Ausstattung der Schulen mit Hard- und Software voranzutreiben (Kerres, 2000; Mooij & Smeets, 2001). Das reine Schüler-Computer-Verhältnis erweist sich jedoch als wenig aussagekräftiger Indikator für die Computerintegration. So fand Pelgrum (2001), dass bei einem Schüler-Computer-Verhältnis von 20:1 oder höher in den verschiedenen Ländern ganz unterschiedliche Auffassungen darüber bestanden, ob die Ausstattung damit zufriedenstellend ist oder nicht. Selbst von den Lehrern, in deren Schulen das Schüler-Computer-Verhältnis weniger als 10:1 betrug, waren noch 40% der Meinung, die mangelhafte Ausstattung würde die Integration des Computers in den Unterricht behindern. Becker (2000) fand, dass ein wesentlicher Faktor für die Integration des Computers in den Unterricht der Standort der Geräte ist. In seiner Studie war die Wahrscheinlichkeit, dass Computer im Fachunterricht eingesetzt wurden, für Lehrer, die über fünf bis acht Computer im Klassenraum verfügten, doppelt so hoch wie für Lehrer, denen ein Computerraum mit 15 oder mehr Computern zur Verfügung stand. Auch Fabry und Higgs (1997) und Duffy und McMahon (1999) sehen in der mangelhaften Zugänglichkeit von Computern in Computerräumen eines der hauptsächlichen Hindernisse für die alltägliche Nutzung des Computers im Unterricht.

Als weiterer Faktor, der in einigen Studien als noch wichtiger für eine erfolgreiche Integration des Computers angesehen wird, gilt der Lehrer. Veen (1993) stellte fest, dass Lehrer bei identischer Verfügbarkeit von Computern die Geräte in ganz unterschiedlicher Weise und Häufigkeit in ihrem Unterricht nutzten. Lehrervariablen überwiegen also nach dieser Studie vor anderen Kontextvariablen, selbst vor der Ausstattung. Die Einstellung des Lehrers bzw. seine Vorstellung von Unterricht und Lernen und sein Rollenbild stellten in dieser Studie die wichtigste Einflussgröße dar. Sie beeinflussten andere Lehrervariablen wie Wissen und Fertigkeiten über den Computereinsatz im Unterricht, da nur Lehrer, die eine entsprechende Einstellung zum Unterricht hatten, bereit waren, sich Kenntnisse für den Einsatz des Computers im Unterricht anzueignen. Wie wichtig die Einstellung des Lehrers als Einflussgröße ist, erweist sich auch in der Untersuchung von Becker (2000). Er stellte jedoch fest, dass es neben der individuellen Auffassung von schulischem Lernen (konstruktivistisch vs. traditionell, vgl. Kap. 2.3) sehr wohl auf die allgemeine Computerkompetenz der Lehrer und die Computerausstattung ankam. Bei einer guten Ausstattung und überdurchschnittlichen Computerkenntnissen lag die Wahrscheinlichkeit, dass ein Lehrer Computer häufig im Fachunterricht einsetzt, um mehr als ein Drittel höher als bei Lehrern, die nur über eine konstruktivistische Einstellung, nicht jedoch über gute Computerkenntnisse und eine gute Ausstattung verfügten.

Verschiedene Untersuchungen bestätigen die Wichtigkeit der allgemeinen Computerkompetenz der Lehrer. Bei Pelgrum (2001), Smeets und Mitarbeitern (1999) und Venezky und Davis (2002) war fehlendes Computerwissen der Lehrer einer der am häufigsten genannten Hinderungsgründe für die Integration des Computers. Ross und Mitarbeiter (1999) fanden in einer regressionsanalytischen Untersuchung an 263 Lehrern, dass das Selbstvertrauen in die eigene Computerkompetenz der stärkste Prädiktor für die Einschätzung der Fähigkeit, den Computer im Unterricht einzusetzen, darstellte.

Ein weiter Hinderungsgrund, der auf Seiten der Lehrer gesehen wird, ist eine mangelnde Innovationsbereitschaft bzw. ein genereller Widerstand gegen Veränderungen (Fabry & Higgs, 1997; Marcinkiewicz, 1994; Mooij & Smeets, 2001). Die Integration des Computers ist für die meisten Lehrer zunächst mit hohen subjekten Kosten verbunden: Sich in die neue Technologie einzuarbeiten, kostet Mühe und Zeit. Hinzu kommen Unsicherheiten bei der Unterrichtsgestaltung, z. B. ein möglicher Kontroll- und Autoritätsverlust (Fabry & Higgs; 1997; Hunneshagen et al., 2001). Als Innovatoren oder Meinungsführer, die eine zentrale Rolle für die Diffusion von Innovationen spielen (Dormant, 1992; Rogers, 1995), gilt, vermutlich auch aus diesen Gründen, nur eine Minderheit der Lehrer (Fabry & Higgs, 1997;

Meyer, 2001, Venezky & Davis, 2002). Auch Mooij und Smeets (2001), Schofield (1997) und Veen (1993) gelangen zu der Auffassung, dass Lehrer bei der Integration von Computern nicht in erster Linie an einer grundsätzlichen Veränderung ihrer Unterrichtspraxis interessiert sind. Ihr Wunsch besteht vielmehr darin, das, was sie ohnehin tun, effektiver oder effizienter zu machen. Für die Integration des Computers ist es deshalb wesentlich, den Lehrern zu verdeutlichen, welchen Vorteil sie durch die Nutzung des Computers haben (Mooij & Smeets, 2001). In verschiedenen Studien hat sich gezeigt, dass eine Innovation der Unterrichtspraxis erst der zweite Schritt ist, nachdem Lehrer den Computer zunächst ihrem traditionellen Unterrichtsstil unterordnen. Diese Veränderung braucht jedoch Zeit. Im „Apple Classrooms of Tomorrow“ Projekt wurde beobachtet, dass auch noch nach zwei Jahren bei vielen Lehrern eine große Unsicherheit darüber bestand, wieweit sie sich vom klassischen lehrerzentrierten Unterricht entfernen sollten oder wollten (Dwyer et al., 1990). Je länger die Lehrer jedoch mit Computern unterrichteten, umso wahrscheinlicher wurde es, dass sie auch ihren Unterrichtsstil veränderten (vgl. auch Becker, 2000; Collis & Carleer, 1993).

Schließlich verweisen verschiedene Autoren auf die schulischen Rahmenbedingungen als weiteren wichtigen Faktor, der die Integration des Computers in den Unterricht bedingt. An erster Stelle wird hier die Rolle der Schulleitung genannt, die innovationsbereite Lehrer dadurch unterstützen kann, dass sie Bedingungen schafft, die die Einbindung des Computers erleichtern (Breiter, 2001; Collis & Carleer, 1993; Chen & Looi, 1999; Dwyer, 1994; Scholl & Prasse, 2001). Eine Maßnahme hierfür ist z. B. die Freistellung von Lehrkräften, damit sie sich in die Nutzung des Computers einarbeiten können, da mangelnde Zeit als ein zentraler Hinderungsgrund für viele Lehrer gilt, sich überhaupt mit dem Computer als Unterrichtsmedium auseinanderzusetzen (Fabry & Higgs, 1997; Meyer, 2001; Venezky & Davis, 2002). Eine weitere Bedingung, für die die Schulleitung und die ihr übergeordneten Organisations Ebenen Sorge tragen können, ist die Qualifizierung von Lehrkräften. Neben technischer Schulung hat sich auch die Weiterbildung hinsichtlich pädagogischer Konzepte als zuträglich erwiesen, um die Nutzung des Computers im Unterricht zu fördern (Chen & Looi, 1999; Fabry & Higgs, 1997; Hunneshagen et al., 2001; Meyer, 2001; Wiburg et al, 1999; Venezky & Davis, 2002). Weiterhin erweisen sich die technische Unterstützung und Wartung der Geräte als wichtige Faktoren, die über die Nutzung der Geräte entscheiden (Fabry & Higgs, 1997; Meyer, 2001).

Auf schulorganisatorischer Ebene fanden Scholl und Prasse (2001), dass es für die erfolgreiche Integration der Computer in den Unterricht von zentraler Bedeutung ist, dass die Schulleitung eine Promotorenfunktion übernimmt. Dabei erwies es sich ebenso als schädlich, wenn

die Schulleitung sich dieser Verantwortung entzog und die Promotion der Computernutzung einzelnen engagierten Lehrern überließ, wie auch, wenn sie durch „Druck von oben“ die Nutzung von Computern anordnete, ohne Zielsetzung und Nutzungskonzept mit dem Kollegium zu diskutieren und abzustimmen (vgl. auch Hammond, 1994; Prasse & Scholl, 2001). Scholl und Prasse (2001) analysierten auch die schulinternen Organisationsstrukturen und fanden, dass sowohl die Isolation einzelner aktiver Lehrkräfte (meist in einem Fachbereich wie der Informatik) wie auch die Konzentration der Computerkompetenz auf einen zentralen Promotor sich als hinderlich für die Diffusion der Computernutzung im Unterricht erwiesen. Bei beiden Strukturtypen beobachteten sie Störungen in der Kommunikation im Kollegium, die es interessierten Lehrern erschwerten, sich über die Computernutzung im Unterricht zu informieren oder am Prozess der Computerintegration an ihrer Schule mitzuwirken. Als günstigste Variante für eine progressive Computernutzung erwiesen sich laut Scholl und Prasse netzwerkartige Organisationsstrukturen, in denen größere und heterogene Gruppen aktiver Lehrer die Integration des Computers unterstützten.

Dwyer et al. (1990) und Becker (2000) haben auf bildungspolitischer Ebene festgestellt, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt eine Flexibilisierung der Stundenpläne erfolgen muss, um einen fächerübergreifenden Unterricht zu ermöglichen und damit die Integration des Computers und die Innovation von Lehr- und Lernformen weiter voranzutreiben. Auch der Druck, die im Lehrplan vorgegebenen Themen vollständig abarbeiten zu müssen, stellt einen Hinderungsgrund für die Nutzung des Computers im Unterricht dar (Becker, 2000; Meyer, 2001), so dass sie sich für eine Revision der Curricula aussprechen. Interessant ist, dass Dwyer (1994) aus dem „Apple Classrooms of Tomorrow“-Projekt schließt, dass die am schwersten überwindbare Barriere bei der Integration des Computers die Bewertungssysteme der Schule darstellen (Dwyer, 1994). Sowohl die vergleichende Überprüfung von Schülerleistungen (insbesondere die in den Vereinigten Staaten verbreiteten nationalen standardisierten Tests) wie auch die Bewertung der Lehrer an vorgegebenen Leistungskriterien hätten sich als größtes Hindernis bei der konsequenten Integration des Computers in den Unterricht erwiesen. Hier deutet sich an, dass die Integration des Computers von weitreichenden organisatorischen und bildungspolitischen Änderungen begleitet sein muss, um wirklich erfolgreich zu sein.

Diesen Standpunkt vertreten auch Cohen (1988) und Cuban (1993). Ihrer Ansicht nach greifen die auf individueller und schulischer Ebene angeführten Hinderungsgründe zu kurz, um das Problem der mangelnden Integration des Computers in den Unterricht zu verstehen. Beide vertreten die Ansicht, dass die historisch-kulturelle Auffassung von Schule in unserer Gesellschaft der Integration von Computern grundsätzlich entgegensteht. Gesellschaftliche

Vorstellungen von Lernen durch Zuhören und Lehren als Vermittlung von Wissen durch Lehrer und Bücher sind kulturell tief verwurzelt und haben eine entsprechende institutionelle Praxis hervorgebracht, z. B. die Trennung der Schüler in Jahrgangsklassen oder die mehr oder weniger isolierten Arbeitsbedingungen der Lehrer. Auch die Fächertrennung und die Zerstückelung des Schultages in relativ kurze Phasen der Beschäftigung mit den einzelnen Fächern beruhen auf einer langjährigen kulturellen Praxis. Angesichts der Resistenz, die das Schulsystem in der Vergangenheit gegenüber schulreformerischen Bemühungen gezeigt hat, halten Cuban und Cohen es für unwahrscheinlich, dass sich durch die Integration des Computers eine tiefgreifende Veränderung des Unterrichts herbeiführen lassen wird. Sie plädieren deshalb dafür, dass die Integration des Computers von tiefgreifenden bildungspolitischen Maßnahmen begleitet sein sollte.

3.4 Zusammenfassung

Dieses Kapitel beschäftigte sich mit der Frage, ob und wie der Einsatz von Computern schulischen Unterricht verändert. Aus theoretischer Perspektive wurde zunächst aufgezeigt, dass Medien, und damit auch Computer als ein den Unterricht bedingender Faktor aufgefasst werden muss, der wechselseitig auf andere Unterrichtsfaktoren (Inhalte, Lernziele, Methoden) bezogen ist. Von einer unidirektionalen Wirkung des Computers kann also nicht ausgegangen werden. Weiterhin wurde auf die Einbindung des Unterrichts mit Computern in den größeren Kontext von Schule und Gesellschaft hingewiesen. Technische Innovationen, wie die momentane rasante Weiterentwicklung von Kommunikations- und Informationstechnologien, haben tiefgreifende gesellschaftliche Konsequenzen, die auch vor der Schule nicht halt machen. Mithilfe des systemischen Modells von Spanhel (1999) wurde demonstriert, wie computerbezogenes Wissen und Erwartungen von den Akteuren des Unterrichts, den Schülern und Lehrern, in den Unterricht hineingetragen werden und damit den Einsatz dieses Mediums beeinflussen. Auf der Output-Seite werden von der Gesellschaft bildungspolitische Forderungen an die Schule gestellt, die ebenfalls bedingen, wie und mit welchen Zielen Unterricht durchgeführt, und damit auch wie Medien eingesetzt werden. Im Zuge des Bedeutungszuwachses, den neue Medien in den vergangenen Jahren erfahren haben, wird aktuell auf bildungspolitischer Ebene diskutiert, welche Qualifikationen die Schule an ihre Absolventen vor diesem Hintergrund vermitteln soll. Die Schule sieht sich mit der Forderung konfrontiert, direkt auf die neuen Medien bezogene Kompetenzen (z. B. den Umgang mit Computer und Internet) wie auch indirekt mit der Computerisierung der Alltags- und Berufswelt in Verbindung stehende Schlüsselqualifikationen (z. B. den Umgang mit einer explosi-

onsartig ansteigenden Informationsproduktion oder die Fähigkeit zu lebenslangem Lernen) zu vermitteln. Um diese neuen Lernziele zu erreichen, werden (neue) Unterrichtsmethoden propagiert, besonders das in Kap. 2.3.3 vorgestellte konstruktivistische Unterrichtskonzept. Die Integration von Computern und Internet in den Schulen wird also von bildungspolitischer Seite unter bestimmten Zielvorstellungen vorangetrieben, die ebenfalls beeinflussen, wie und wozu Computer im Unterricht eingesetzt werden. Schließlich müssen die Medieneigenschaften selbst berücksichtigt werden. Verschiedene Programmtypen legen unterschiedliche Nutzungen nahe. Auch deshalb kann nicht von „der“ Wirkung des Computers auf „den“ Unterricht gesprochen werden.

Konkretisiert wurden diese eher allgemeinen Betrachtungen zur Rolle von Computern im Unterricht an Forschungsergebnissen zur Nutzung des Computers in der Schule in den vergangenen zehn Jahren. Dabei wurde deutlich, dass die Einführung von Computern unter bestimmten Bedingungen tatsächlich die katalysatorische Wirkung für eine Veränderung des Unterrichts haben kann, die diesem Medium zugeschrieben wird. Verschiedene Programmtypen, insbesondere sogenannte Werkzeugsoftware, erweitern den Spielraum, den Lehrer bei der Gestaltung offener Aufgaben haben, die Selbststeuerung und exploratives Lernen von den Schülern verlangen. Die Tatsache, dass Lehrer und Schüler häufig gemeinsam den Umgang mit dem Computer erlernen, kann den Lehrer zum Mitlernenden machen und damit zu einer gleichberechtigteren Rollenverteilung im Unterricht führen. In diesem Zusammenhang wurde auch beobachtet, dass sich die Einführung des Computers positiv auf die Interaktion und Kommunikation der Schüler untereinander und mit dem Lehrer auswirkte. Dies sind Beispiele für Veränderungen, bei denen der Computer eine zentrale Rolle spielt. Damit er jedoch seine volle Wirkung entfalten kann, müssen bestimmte Rahmenbedingungen gegeben sein. Dazu zählen z. B. die Orientierung an konstruktivistischen Lernzielen, ein Umfeld, das die Realisierung konstruktivistischer Unterrichtsmethoden unterstützt und die individuelle Bereitschaft des Lehrers, sich auf diese Unterrichtsform einzulassen. Sowohl theoretische Überlegungen wie auch bisherige Forschungsergebnisse lassen darauf schließen, dass Computer Anlass und Hilfsmittel für einen Wandel sind, aber für sich genommen wohl kaum ausreichen, um Unterrichtsveränderungen auszulösen. Nichts belegt dies eindringlicher als die Tatsache, dass sich bisher, selbst in den Ländern, in denen eine große Anzahl von Computern in den Schulen installiert wurde, an der schulischen Unterrichtspraxis kaum etwas verändert hat.