



Kapitel 8 Computer

Computerschaltungen, die noch in den 60er Jahren Hunderttausende von Dollars gekostet und einen ungeheuren Platzbedarf erfordert hätten, können heute für weniger als einen Dollar auf einem halben Quadratmeter untergebracht werden. Entsprechend diesen Veränderungen hat sich in geradezu dramatischer Weise die Wahrscheinlichkeit erhöht, daß jedermann Zugang zu einem Kleincomputer bekommt. Weil die Kleincomputer enorm billiger geworden sind, kann sie sich auch das breite Publikum leisten. Besonders Kinder scheinen sich zu dieser Technologie hingezogen zu fühlen. Videospiele sind zu einer (ziemlich umstrittenen) Art von Volkssport geworden. In einer Zeit schmaler öffentlicher Budgets haben Schulen wie verrückt Computer angeschafft, so daß inzwischen mehr als die Hälfte aller Schulen in den Vereinigten Staaten mit Computern ausgestattet ist (Center ... 1983)⁷². Überall sind Computer-Camps aus dem Boden geschossen und viele Kinder haben einen Computer zu Hause (nach einer Schätzung des Kalifornischen Erziehungsministeriums trifft das (1983) für 18% der kalifornischen Kinder zu^{72a}), und dabei handelt es sich nicht einmal ausschließlich um Spielgeräte, sondern um programmierbare Apparate. Kurz: Computer sind zu einem bedeutsamen Medium im Leben der Kinder geworden.

Die TV-Connection

Wie bei den Videospiele liegt vermutlich ein Grund für die Anziehungskraft der Computer auf Kinder in deren Erfahrung mit dem Fernsehen. Diese Verbindung zwischen Fernsehen und Computer scheint auch den Kindern selbst bewußt zu sein. So charakterisierte in einem Interview für einen Film über Computer und Kinder ein Kind den Computer: „Das ist, als würde man zur gleichen Zeit lernen und fernsehen.“ Andere Kinder äußerten sich über die Unterschiede zwischen Fernsehen und Computer in ähnlicher Weise wie zum Verhältnis von Fernsehen und Videospiele (vgl. Kap. 7). Ein Junge sagte z.B.: „Das Fernsehen macht, was es will; der Computer macht, was *du* willst.“ Und ein anderes Kind sagte ganz

ähnlich: „Spielen mit dem Computer macht Spaß, weil man ihn kontrollieren kann; das Fernsehen kontrolliert sich selbst.“ Man hat dem Fernsehen vorgeworfen, es unterdrücke die Einbildungskraft, und die Antwort eines Jungen scheint dies zu bestätigen: „Mit dem Fernsehen muß man sich nicht unterhalten; man braucht sich nichts vorzustellen.“ (Don't Bother Me 1982)

Einhellig zogen die Kinder die Beschäftigung mit dem Computer dem Fernsehen vor, genau wie die Kinder, die ich interviewt hatte, Videospiele gegenüber dem Fernsehen präferierten. (Die für den Filmbericht interviewten Kinder hatten die Computer für Videospiele und für normale Unterrichtsaufgaben gleichermaßen benutzt).

Die enge psychologische Verknüpfung zwischen dem Fernsehen und Computer wurde mir zum ersten Mal zu Hause bewußt, als mein Sohn nach der Anschaffung eines Heimcomputers deutlich weniger Zeit als gewöhnlich vor dem Fernseher verbrachte. (Eine Fallstudie von Yaakov Kareev bestätigte meinen Eindruck; vgl. Levin 1982). Eine mögliche Erklärung dieses Verhaltens wäre, daß Kinder die visuelle Dynamik des Fernsehens lieben, aber zugleich eine aktive Teilnehmerrolle einer passiven Zuschauerrolle vorziehen. Das, was ich im vorigen Kapitel über Videospiele gesagt habe, gilt also auch für Computer.

Dean Brown, ein Pionier der Computerentwicklung, hat den Computer wegen seiner einzigartigen Kombination unterschiedlicher Merkmale als die unwägendste Erfindung überhaupt bezeichnet: *der Computer ist 1.) dynamisch, 2.) interaktiv und 3.) programmierbar* (Brown 1982). Im Unterschied zum gedruckten Wort kann das Radio akustische Wahrnehmungen vermitteln, indem es Klangkombinationen mit all ihren sich ständig verändernden Qualitäten authentisch im Augenblick der Klangerzeugung überträgt. Fernsehen und Film fügen diesen Möglichkeiten die Qualität der sichtbaren Bewegung hinzu; dabei sind sie jedoch weder interaktiv, noch lassen sie sich programmieren. Der Computer baut auf den dynamischen Qualitäten des Fernsehens auf, ergänzt sie aber um die beiden zuletzt genannten Möglichkeiten.

Die interaktive Qualität des Computers kann man anhand der Videospiele gut verdeutlichen. Der Spieler beeinflusst das Geschehen auf dem Bildschirm, worauf wiederum das Spielprogramm im Rahmen seiner vorgesehenen Möglichkeiten reagiert und damit die Optionen des Spielers für den nächsten Spielzug begrenzt. Kontrolle und Steuerung des Spiels geschieht also in zwei Richtungen, geschieht vom Spieler und vom Computer. Dasselbe gilt für computergestütztes Lernen (CAI); in der einfachsten Form stellt der Computer dem Lernenden eine Aufgabe, der

Lerner antwortet und der Computer gibt ihm ein Feedback, das genau zu seiner Antwort paßt. Bei komplizierteren Lernprogrammen wird die Auswahl der jeweils nachfolgenden Aufgabe von der Qualität der vorausgegangenen Aufgabenlösung gesteuert. Wie die Videospiele ist auch der Computer ein Zwei-Weg-Kommunikationsmedium.

Seine Programmierbarkeit ist das dritte Kennzeichen des Computers. Auch was dieses Merkmal anbetrifft, dürfte die Anziehungskraft auf Kinder vor allem aus der Erfahrung im Umgang mit dem Fernsehen stammen. Herbert Kohl (1982) schreibt über die von Kindern bevorzugt ausgewählten Programmieraufgaben: „Ich habe festgestellt, daß die Möglichkeiten, Melodien zu erfinden, optische Bildfolgen zu entwickeln, sich bewegende Figuren zu schaffen und Farbeffekte zu steuern, für junge Leute am spannendsten, am verlockendsten sind. Damit können sie nun ihre eigenen Programme gestalten, statt die Programme anderer bloß zu konsumieren.“

Drei zentrale Bereiche der Computertechnologie bei der Arbeit mit Kindern sind: *Software für Lernprogramme, Textverarbeitung und Programmieren*. Alle drei Bereiche profitieren von den interaktiven Qualitäten des Computers, sie unterscheiden sich aber im Umfang der Kontrolle, die den Kindern bei der Benutzung ermöglicht wird. Bei den Lernprogrammen reagiert der Computer zwar auf die Antworten des Schülers; aber das Programm steuert den Schüler und legt ihn auf die einzelnen Programmierschritte fest, „programmiert“ ihn (wobei dies je nach Programm natürlich verschieden intensiv geschieht). Bei der Textverarbeitung stellt der Computer nur ein Werkzeug zur Verfügung (Kurland 1983), während das Kind den Text erfindet und darüber entscheidet, wie es das Werkzeug bei der Textbearbeitung einsetzt. Beim Programmieren teilt das Kind dem Computer in einer computergerechten Sprache mit, was er zu tun hat.

Computergestütztes Lernen. Auch wenn die Grenzen zwischen Videospiele und Lernprogrammen heute zunehmend verschwimmen, muß man daran erinnern, daß die ersten unter der Überschrift „computergestütztes Lernen“ (computer assisted instruction = CAI) entwickelten Lernprogramme Drill- und Übungsprogramme waren. Diese Programme, die die Möglichkeiten der heutigen Computertechnologie mit ihren ansprechenden Graphiken noch nicht kannten, sind in erster Linie Frage-Antwort-Spiele, die dem Schüler Antwortmöglichkeiten vorgeben und ihm anschließend mitteilen, ob er richtig geantwortet hat. Im allgemeinen erweisen sich diese Programme bei Kindern zur Unterstützung des

herkömmlichen Mathematik- und Sprachunterrichts als erfolgreich (Vinsonhaler & Bass 1972).

Die entscheidende Einschränkung dieses Programmtyps liegt darin, daß er nicht zum Erwerb neuer, sondern in erster Linie zum Ausbau bereits bei den Schülern vorhandener Fähigkeiten beiträgt. Deshalb erzielt man mit diesen Programmen die besten Ergebnisse bei Schülern, die bereits grundlegende Kenntnisse über den Stoff besitzen, um den es in den Programmen geht. Ein Beispiel dafür liefert eine Untersuchung an Grundschulen in Los Angeles, bei der ein ganzes Paket von Lern- und Übungsprogrammen für Rechnen, Lesen und Sprachfertigkeiten systematisch durchgetestet wurde (Ragosts u.a. 1982). Beim Rechnen, wo die Schüler bereits Grundkenntnisse besaßen, erwiesen sich diese Programme als erheblich wirkungsvoller als vergleichbare Programme für das Lesenlernen, da einige Schüler nicht gut genug lesen konnten, um vom Programm viel zu profitieren. Die im Programm vorgesehenen Übungsaufgaben konnten den Kindern zwar bei der Verbesserung ihrer bestehenden Kenntnisse, nicht aber beim Lesenlernen helfen. Selbstverständlich läßt sich diese Unterscheidung nicht einfach und nicht zweifelsfrei treffen. Lern- und Übungsprogramme lassen sich wirkungsvoll beim Erlernen bestimmter Wissensbereiche einsetzen, die sich zur Bearbeitung nach einem multiple-choice-Verfahren eignen, wie etwa das Vokabellernen.

Die Los Angeles-Studie wurde mit einer Gruppe sozio-ökonomisch benachteiligter Kinder durchgeführt, und es zeigte sich, daß die Kinder, die mit dem Computer lernten, bei vielen Aufgaben aller Stoffbereiche im Vergleich zu ihren „computerlosen“ Mitschülern besser abschnitten; dieses allgemeine Ergebnis zeigte sich immer wieder, auch wenn einige Schüler von den Lern- und Übungsprogrammen mehr profitierten als andere. An diesem Ergebnis wird etwas deutlich, was immer wieder bestätigt worden ist, daß computergestütztes Lernen (ebenso wie das Fernsehen) nicht nur bei Mittelschicht-Angehörigen erfolgreich ist, sondern auch bei Kindern, die aus Familien mit einem ungünstigen Erziehungsklima stammen. Computer scheinen bei Menschen mit ganz unterschiedlichem sozio-ökonomischen Hintergrund gleich gut anzukommen und wirksam zu werden. Darüber hinaus erweisen sich Computer als wertvolle Hilfsmittel bei der Erziehung von Kindern mit unterschiedlichen Lernbehinderungen (Sandals 1979, Winters u.a. 1978). Ganz offensichtlich lassen sich mit Hilfe des Computers Kinder erreichen, die man mit den traditionelleren Lernmitteln nicht motivieren konnte.

Pauk- und Übungsprogramme nutzen nur einen verschwindend gerin-

gen Teil der einzigartigen Möglichkeiten, die der Computer bietet. Im Prinzip simulieren sie eine lehrbuchähnliche Situation. Im Vergleich zum Lehrbuch jedoch weisen sie zwei Vorzüge auf, die unmittelbar mit dem Computer zusammenhängen: zum einen, daß die Fragen individuell auf das jeweilige Lernniveau des Schülers abgestimmt sind, und zum anderen, daß eine sofortige Rückmeldung auf die gegebenen Antworten möglich ist.

Die Rückmeldung des Computers erfolgt direkt und vollkommen *unpersönlich*. Dies erweist sich als psychologischer Vorteil: ein Fehler, eine falsche Antwort wird etwas, von dem man lernen kann, und nicht etwas, vor dem man Angst haben muß. Mit den Worten eines Siebenjährigen: „Der Computer schreit dich nicht an.“ Und der Computer hat keine Lieblingsschüler. Tatsächlich verringern sich mit der Anwendung des Computers die faktischen und psychologischen Kosten gemachter Fehler – und das nicht nur bei den Pauk- und Übungsprogrammen, sondern auch in allen anderen Anwendungsgebieten. Diesen Sachverhalt herauszustellen ist wichtig, weil viele negative, unerwünschte Verhaltensmuster in der Schule aus Angst vor Fehlern und Versagen entstehen (Golden 1982, Covington & Beery 1976).

Lehren mit Hilfe von Modellen. Ein anderer Typus von Lernprogrammen macht sich die einzigartigen Möglichkeiten des Computers noch spezifischer zunutze. Gemeint sind die verschiedensten Programme, die auf model-building, Modelldarstellungen des Lehrstoffes aufbauen. Ein sehr einfaches Beispiel für die Verwendung von Lernmodellen ist das von James Levin entwickelte Spiel »Harpoon«, bei dem es darum geht, die Position eines Haifisches mit Hilfe einer Punkteschätzung innerhalb eines Koordinatenkreuzes zu bestimmen. „Das Programm verlangt von den Spielern, die Position des Hais zwischen der linken und der rechten Feldbegrenzung zu bestimmen und dann die Höhen- bzw. Tiefenpositionen anzugeben. Nach dem Eintippen der Werte schießt eine „Harpune“ quer über den Bildschirm zu der von den Spielern geschätzten Position. Wenn dieser Punkt ganz nahe am Hai liegt, trifft die Harpune, der Hai sinkt nach unten und verschwindet vom Bildschirm. Wenn die Harpune den Hai verfehlt, erscheint ein ‚Platscher‘ auf dem Bildschirm, um die Stelle zu markieren, und die Spieler können es erneut probieren, wobei ihnen der ‚Platscher‘ als Rückmeldung dienen kann.“ (Levin 1981, S. 426)

Das Modell stellt die Simulation einer Haifischjagd in einem zweidimensional dargestellten Meeresraum dar. Das Spiel bedient sich eines räumlichen Modells, um Schätzfähigkeiten zu trainieren, die bei einer zweidimensionalen Zuordnungsaufgabe von Raumpositionen zu Zahlen-

werten vorkommen. Es gibt noch eine vereinfachte Version, bei der sich der Hai auf einer eindimensionalen Strecke bewegt und die Kinder seine Position lediglich auf einer Zahlengeraden abschätzen müssen.

Levin hat das Spiel mit Zehnjährigen getestet, die es als herausfordernd und motivierend einstufen. Im Hinblick auf die Frage nach Lernprozessen liegen nur Ergebnisse für die einfachere, eindimensionale Ausgabe des Spiels vor. Hierzu berichtet Levin, daß die Kinder im Verlauf von zehn Spielen eine Entwicklung vom Erzielen zufälliger Treffer zu einer hochgradigen Treffgenauigkeit durchmachten.

Der Lernprozeß. Vielleicht noch interessanter als dieses rasche Lernen sind die kognitiven und sozialen Prozesse, die sich während der Vervollkommnung der Spielpraxis bei den Kindern abspielen. Was die *kognitive* Ebene anbetrifft, so zeigt sich, daß Kinder häufig mit ihrer eigenen Auffassung über die Art der verlangten Aufgabe beginnen. Beispielsweise handelten einige Kinder am Anfang, als vermuteten sie, ihre Aufgabe bestünde darin, den Hai mit Hilfe der Harpune zu durchbohren, anstatt mit der Harpune auf seiner Position zu „landen“. An diesem Beispiel zeigt sich, wie ein gegenständliches Modell (die Haifischjagd) mit dem eigentlichen Ziel des Lernprozesses (die Schätzung einer Position auf den Zahlengeraden eines Koordinatensystems) interferieren kann. Gleichzeitig ermöglicht diese Konstellation es den Kindern aber auch, verschiedene Hypothesen über den Charakter der vom Computerprogramm definierten Aufgabenstellung durchzuprobieren. Dieser Prozeß der *Hypothesentestung* ist für sich genommen bereits eine wertvolle Lernerfahrung.

Mit Blick auf soziale Lernprozesse beobachteten Levin und Kareev (1980 a S. 47) folgende Entwicklung in einem Computerclub, der sich nach der Schule traf: „Anfangs, beim Erlernen eines neuen Computerprogramms, kooperierten die Kinder untereinander und nahmen auch ganz unbefangen die Hilfe der Erwachsenen in Anspruch. Später arbeiteten die Kinder ohne die Erwachsenen weiter und zogen sie nur dann hinzu, wenn sie sich irgendwie festgefahren hatten. Und schließlich arbeiteten die Kinder nur noch allein oder mit einem Freund zusammen, wobei sie versuchten, die Aufgaben, soweit es das Programm gestattete, zunehmend schwieriger zu gestalten.“

Diese Episode zeigt, wie kooperatives Handeln Lernprozesse begünstigen und wie der Computer seinerseits kooperatives Handeln unterstützen kann. Eine solche Zusammenarbeit scheint vor allem dann zustande zu kommen, wenn nicht jedes Kind einen eigenen Computer zur Verfügung

hat und sich die Arbeit am Computer mit anderen Kindern teilen muß (Kane 1983). Das heißt aber auch, daß das populäre Vorurteil, Computer repräsentierten eine grundsätzlich „asoziale“, also kontaktfreundliche Technologie, zumindest dann nicht zutrifft, wenn bestimmte Bedingungen, wie die oben beschriebenen, erfüllt sind.

Die Episode illustriert darüber hinaus den Reiz der Herausforderung. Perfekte »Harpoon«-Spieler verkleinerten zum Beispiel die Größe des Hais und erhöhten damit den Schwierigkeitsgrad. Bei ihrem Spiel mit immer kleineren Haifischen entwickelten sie zunehmend präzisere Schätzkomponenten. Kinder wollen nicht auf einem Niveau weitermachen, das sie bereits erreicht haben; *sie suchen nach einer neuen Herausforderung.* Das Beispiel von »Harpoon« zeigt, wie dieser Reiz der immer neuen Bewährung, den man schon aus den Unterhaltungsspielen kennt, für pädagogische Zwecke fruchtbar gemacht werden kann. Dies ist einer der Hauptvorteile des Computers als Unterrichtsmittel, daß er fähig ist, mit den Lernfortschritten des Kindes Schritt halten zu können.

Computersimulation. Bei dem einfachen Modell von »Harpoon« geht es natürlich nicht darum, den Kindern etwas über die Haifischjagd beizubringen. Ein anderer, im allgemeinen weitaus komplizierterer Typus von Modellen, zielt darauf ab, etwas über ‚wirkliche‘, lebensnahe Situationen oder Systeme zu vermitteln („Simulationsmodelle“). Der von Atari herausgegebene *Guide to Computers in Education* liefert einen guten Überblick über die Möglichkeiten der Computersimulation im Erziehungswesen:

Die Auswirkungen unterschiedlicher nationaler Energiepolitiken auf die wirtschaftliche Entwicklung, das Überleben einer Karibuherde, ein wissenschaftliches Laborexperiment, die Wirtschaftlichkeit eines Kleinbetriebes, der Aufbau einer Weltraumkolonie, das Ökosystem eines Teiches – jedes nur denkbare System läßt sich durch Schemata darstellen, die beschreiben, wie die Elemente eines Systems miteinander in Beziehung stehen. Mit Hilfe der Simulation wird es für Schüler möglich, die Ausgangsbedingungen einer oder mehrerer Komponenten zu verändern und die Folgen dieser Veränderungen auf das übrige System zu untersuchen. Wie wird unkontrollierte Müllablagerung die Wasserqualität verändern und die Lebensformen in einem See beeinflussen? Welche Eingriffe werden die Wasserqualität am wirkungsvollsten wieder herstellen und in welchem Zeitraum kann dies geschehen? Der Computer wird zu einem unendlich variablen Experimentierlaboratorium für ein forschendes Lernen (Atari 1982, S. 13).

Eines der ersten Simulationsmodelle, das für kleinere Kinder entwickelt wurde, hieß »Lemonade Stand«. Bei diesem Simulationsspiel stellt das

Kind Limonade her – mit Vorräten (Zitrone, Zucker, etc.), die ihm seine Mutter zur Verfügung gestellt hat. Das Programm liefert dem Spieler Informationen, die für die Nachfrage nach Limonade von Bedeutung sind (wie z.B. die Wettervorhersage), und der Spieler muß nun entscheiden, wieviel Limonade er herstellen und zu welchem Preis er sie verkaufen soll. Der Computer errechnet dann den unter diesen Voraussetzungen erzielbaren Gewinn. Bei späteren Spieldurchgängen liefert die Mutter des Kindes nicht mehr Zucker, so daß bei den Entscheidungen nunmehr auch die schwankenden Zuckerpreise in Rechnung zu stellen sind. Das Ziel von »Limonade Stand« ist die Gewinnmaximierung.

Dieses Simulationsmodell hat ein reales Vorbild in der Welt der (nordamerikanischen) Kinder. Gleichwohl sollte es Kinder dazu befähigen, ihr Alltagswissen von einem Limonadenstand zu erweitern und die Beziehungen zwischen solchen Variablen wie ‚Kosten und Gewinn‘, ‚Nachschub und Nachfrage‘ verstehen zu lernen. Die Computersimulation ermöglicht es Kindern, die für das Verständnis abstrakter Erörterungen von Gewinn, Verlust, etc. noch zu jung sind, durch *Handeln*, praktisches Tun, zu lernen, wie ökonomische Größen wirken und zusammenhängen.

Vielleicht kann dieses konkrete, handlungsorientierte Wissen die Grundlage für ein späteres Verständnis der jeweiligen Konzepte auf einem abstrakteren Niveau liefern. Ein Programm wie »Limonade Stand« könnte nicht nur beitragen, daß Kinder die zugrundeliegenden Prinzipien früher lernen (was nicht unbedingt von Vorteil sein muß), sondern es ermöglicht, daß sie sie später in der High School oder im Wirtschaftsunterricht auf dem College leichter und besser verstehen. Denn dann haben die Kinder bereits konkrete Erfahrungen gemacht, haben etwas unter wirklichkeitsnahen Bedingungen angewendet. Eine derartige Abfolge von Lernschritten befindet sich gegenwärtig noch im Stadium von Hypothesen; es bedarf weiterer Forschung, um herauszufinden, welches Wissen Kinder unterschiedlicher Altersstufen von Simulationsprogrammen (wie »Limonade Stand«) mitnehmen, und ob sich dieses Wissen später als Hilfe beim Erlernen derselben Prinzipien auf abstrakterem Niveau erweist.

»Limonade Stand« knüpft an eine Alltagserfahrung von Kindern an und geht zugleich über sie hinaus. Simulationsprogramme können auch an Themen, die in der Schule behandelt werden, anknüpfen und sie erweitern. Ein gutes Beispiel dafür stammt aus Gompers Secondary Center in San Diego: Nach Abschluß der jährlich stattfindenden Exkursion zur Beobachtung der Wale wird dort mit den Schülern eine vom San Diego-

Department of Education geschriebene Computersimulation der Wanderrouen des kalifornischen Grauwals im Unterricht durchgespielt. Der Computer ist hier Teil eines schon *multimedial* zu nennenden Konzeptes von erfahrungsorientiertem Lernen und ergänzt Beobachtungen der Natur und traditionelle schulische Behandlung des Themas (Ebersole 1982).

Was bringt es, wenn man die per Beobachtung gewonnenen Erkenntnisse mit Hilfe von Computersimulation erweitert? Dieser Frage wurde im Rahmen einer systematischen Untersuchung über die Rolle der Computersimulation beim Physikunterricht an der High School nachgegangen (Hughes 1974). Dabei wurden Experimente ausgewählt, die sowohl im Laboratorium als auch mit Hilfe des Computers durchgeführt werden konnten. Eine Gruppe experimentierte nur mit Hilfe des Computers, eine zweite Gruppe führte die Experimente ausschließlich im Labor durch; eine dritte Gruppe schließlich arbeitete sowohl im Laboratorium als auch mit dem Computer, wobei jedes Experiment einmal im Laboratorium vorgeführt wurde und der Computer zur Datensammlung und zur Auswertung der Experimentierergebnisse herangezogen wurde. Diese Kombination von Labor und Computer erwies sich als das wirkungsvollste Unterrichtsverfahren. Schüler aus dieser Gruppe waren am besten in der Lage, Schlußfolgerungen aus den Experimenten zu ziehen und sie erzielten in Prüfungen die meisten Punkte. Bei der Untersuchung der Beziehungen zwischen den im Labor gewonnenen Variablen erwies sich die Instruktion per Computer als die wirkungsvollste Lehrmethode. (Hier haben wir es, nur auf einem höheren Niveau, mit einem Ergebnis zu tun, das sich für jüngere Kinder bei »Limonade Stand« einstellen sollte.) Die Gruppe, die nur im Labor experimentiert hatte, zeigte sich bei keiner Ergebnismessung einer der anderen beiden Gruppen überlegen. Wenn wir davon sprechen, daß multimediales Lernen für den Unterricht am besten geeignet ist (siehe dazu Kap. 9), dann beinhaltet dies auch die Verwendung von Computern.

Lernfähige Programme. Lernfähige Programme sind eine einzigartige Möglichkeit des Mediums Computer und seiner immanenten Eigenschaft der Programmierbarkeit. Ein Beispiel für ein solches Programm ist das Spiel »Animals«, das die Möglichkeiten von Lernspielen illustriert, die dem Spieler anstelle des Computers eine leitende Rolle übertragen. Das Spiel ist dem alten Fragespiel „Du hast zwanzig Fragen frei“ nachempfunden. Der Clou besteht darin, daß der Computer zu Beginn nur zwei Tiere kennt und der Spieler dem Computer die Namen und Merkmale anderer Tiere, die er ins Spiel einführen möchte, beibringen muß. Der wesentliche

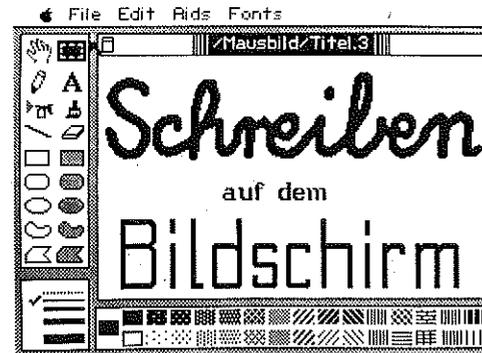
Inhalt des Spiels besteht darin, die Logik von Klassenrelationen zu vermitteln, während gleichzeitig vom Spieler verlangt wird, sich selbst einen logisch aufgebauten Wissensbereich zu erschließen. Der Spieler schafft selbst das Wissen, das der Computer dann nutzt, um mitzuspielen. »Animals« zeigt exemplarisch, wie *interaktive* Computertechnologie – anders als bei Lesen, Radiohören oder Fernsehen – das Kind in eine *aktive* Rolle versetzen kann, die für Lernprozesse so unabdingbar ist.

Textverarbeitung (word processing)

Dieses Buch wurde mit Hilfe eines Textverarbeitungsprogramms für einen Apple II Plus Computer geschrieben^{73a}. Die Textverarbeitung stellt, worauf Seymour Papert (1980) hingewiesen hat, eine Nutzungsmöglichkeit des Computers dar, die zwar bislang Erwachsenen und professionellen Nutzern vorbehalten war, nun aber auch Kindern zugänglich ist.

Mit der Textverarbeitung habe ich meine ersten Computererfahrungen gesammelt. Ich war beeindruckt von den Veränderungen, die ich an mir bemerkte, an meiner Art zu denken, an meiner Produktivität. Ich hatte das Gefühl, schneller und leichter schreiben zu können, und die Korrektur erwies sich eher als Vergnügen denn als Mühe. Ich war überzeugt, daß diese Veränderungen bei Kindern mindestens genauso eindrucksvoll sein müßten; um diese Auffassung zu überprüfen, begab ich mich auf die Suche nach Forschern, die Studien zum Thema Kinder und Textverarbeitung durchgeführt hatten. Wie in dem gesamten Untersuchungsfeld ‚Kinder und Computer‘ so existieren auch hier bislang nur sehr wenige systematische Untersuchungen. Nicht alle Experten, mit denen ich Gespräche führte, stimmten darin überein, daß sich bei Kindern, die Textverarbeitungsprogramme benutzten, einschneidende Veränderungen einstellten; gleichwohl fand ich durchweg mehr als in irgendeinem anderen Bereich, in dem ich für dieses Buch recherchierte, daß positive Effekte berichtet wurden.

Bekanntlich tippt man bei der Textverarbeitung, genau wie bei einer Schreibmaschine, auf einer Tastatur (Keyboard), die an den Computer angeschlossen ist. Der Unterschied besteht darin, daß man das erste Ergebnis seiner Bemühungen auf dem *Bildschirm* und nicht auf dem Papier zu sehen bekommt. Da der Text, den man verfaßt hat, im Computer gespeichert ist und auf dem Bildschirm sichtbar gemacht werden kann, lassen sich Veränderungen auf elektronischem Wege vornehmen, ohne daß man radieren oder austreichen oder sonstwie



„dingliche“ Änderungen vornehmen muß. Man kann sogar elektronisch mit ‚Schere und Klebstoff‘ arbeiten, also Wörter, Absätze oder Seiten mit Hilfe weniger Tastenanschläge von einer Textstelle zu einer anderen verschieben. Der Korrekturaufwand wird eine zu vernachlässigende Größe. Um ein fertiges, „richtiges“ Textexemplar, eine ‚hard copy‘, zu bekommen, wird der Computer an einen Drucker angeschlossen, der den in einer Speichereinheit des Computers aufbewahrten Text (der später auf einen Datenspeicher wie Kassette oder Diskette übertragen wird) ausdruckt. In den Computer werden elektronische Befehle für die Gestaltung des Formats der gedruckten Seite, für die Abstände des Textes vom Papierrand, für Unterstreichungen, u.a.m. eingegeben. Man kann einen vorgegebenen Textausschnitt in einem gewünschten Format ausdrucken, ohne ihn noch einmal eintippen zu müssen; man muß lediglich die Formatierungsbefehle ändern. Genauso einfach kann man den Text inhaltlich revidieren, ohne ihn vollständig neu tippen zu müssen, indem man einfach auf die auf Band oder Diskette gespeicherte Ursprungsversion zurückgreift und den Text elektronisch dort korrigiert, wo es nötig ist.

Einen ersten konkreten Hinweis auf die Beziehung von Kindern zur Textverarbeitung erhielt ich von Jan Austin, einer Grundschullehrerin aus Nordkalifornien. Sie hatte ihren Dritt- und Viertkläßlern die Aufgabe gestellt, gemeinsam ein Buch über die Ureinwohner Amerikas auf dem Computer zu schreiben. Das Projekt wurde ein Erfolg; den Schülern gelang es, das Buch fertigzustellen und an andere interessierte Leute zu verteilen. Dieses Ergebnis stellt schon für sich genommen eine bemerkenswerte Leistung dar, weil es sich um den längsten Text handelte, den die Schüler bis dahin geschrieben hatten. Noch wichtiger war, daß es sich um

die beste Arbeit der Klasse im ganzen Schuljahr handelte. Der Text hatte Qualität, er war nicht oberflächlich, weil die Kinder, wie Austin es etwas emphatisch ausdrückte, „von der Last des mechanischen Schreibens befreit waren.“

Einen wichtigen Grund für die verbesserte Qualität der Texte der Kinder sieht Austin in der Bereitschaft, ja in dem Eifer, mit dem sie den Text überarbeiteten – was eben durch die bequemen elektronischen Korrekturmöglichkeiten des Computers möglich wurde. Die Kinder bearbeiteten den Text mehrere Male, sie beschäftigten sich dabei auch mit der Rechtschreibung und sie erprobten verschiedene Gestaltungsalternativen, den Formaten, daß die Lehrerin schließlich einen Schlußpunkt setzen und auf der Fertigstellung des Produkts bestehen mußte. Die Kinder beklagten sich später sogar darüber, daß sie ein viel besseres Buch hätten machen können, wenn die Lehrerin ihnen noch ein bißchen mehr Zeit zugestanden hätte. Dabei muß man sich vorstellen, daß es sich hier um Kinder handelte, die man vor Einführung des Computers auch um die kleinsten Verbesserungen hatte bitten und betteln müssen.

Der Computer ermutigte die Kinder auch zur Kooperation bei dem Buchprojekt. Nach Aussage ihrer Lehrerin gab es in dieser Klasse einige Schwierigkeiten unter den Schülern, aber die Arbeit mit dem Computer brachte die Klasse näher zusammen. Ständig tummelten sich drei oder vier Kinder vor dem Computer, um gemeinsam an dem Buch zu arbeiten. Dem Phänomen, daß Computer Kooperation fördern können, sind wir schon früher begegnet. Aber wenn jedes Kind einen Computer – exklusiv – zur Verfügung hat, dann vertiefen sich alle so sehr in die Arbeit am Text, daß diese Kooperation nicht mehr zustande kommt (Kane 1983). Damit der Computer Kinder zur Kooperation anregen kann, scheint es also notwendig zu sein, daß sich mehrere Kinder in die Benutzung des Computers teilen.

Ein Weg, wie Computer unter geeigneten Begleitumständen kooperative geistige Arbeit fördern können, wird bei der Textverarbeitung sehr deutlich: Der Bildschirm macht die Gedanken eines Menschen allgemein zugänglich, also öffentlich. Schreiben wird zu einem Vorgang, der von anderen auf dem Bildschirm beobachtet und in vielfältiger Weise beeinflusst werden kann. Auf diese Weise macht der Computer eine *private* Aktivität – das Schreiben – zu einer potentiell öffentlichen und *sozialen* Handlung.

Es ist gut möglich, daß das gemeinsame Schreiben in der Gruppe, das seine Anregung aus den unterschiedlichen Sichtweisen der anderen

Kinder bezieht, zwangsläufig bei der Textverarbeitung zu ausführlicher Überarbeitung des Geschriebenen führt. Bei Achtkläßlern des Bank Street Colleges in New York, die Textverarbeitungsprogramme bei der Herstellung eigener Texte nutzten, kamen Forscher zu dem Ergebnis, daß die Kinder dazu tendierten, den Computer wie einen elektronischen Kugelschreiber auf elektronischem Papier zu gebrauchen; sie verwendeten viel Zeit auf die vorbereitenden Arbeiten zu ihrem Text und überarbeiteten schließlich nicht mehr viel. Aber selbst hier erzählten die Kinder, daß sie spontan mehr überarbeitet hatten, als sie es normalerweise (also ohne ein Textverarbeitungsprogramm) machten. Vielleicht stellt sich auf lange Sicht die spontane Überarbeitung als weniger wichtig heraus als die Möglichkeit des Lehrers, die Schüler, die Zugang zu einem Textverarbeitungsprogramm haben, um weitere Bearbeitung *bitten* zu können (Kane 1983).

Ein weiteres interessantes Ergebnis der Bank Street-Untersuchung war der Nutzen der Textverarbeitung für ein Mädchen mit Verhaltensstörungen. Das Mädchen hatte in einem Kurs die Textverarbeitung kennen gelernt und so viel Gefallen daran gefunden, daß sie auch nach Beendigung des Kurses noch weitermachte. In anderen Kontexten konnten lernbehinderte Schüler ihre Schreibfähigkeiten bedeutend verbessern, wenn sie mit einem Computer schreiben konnten (Hawkins 1982).

High School-Schüler scheinen von der Textverarbeitung ebenso begeistert zu sein wie jüngere Schüler. (Wie Midian Kurland mitteilte, mögen die Kinder die Textverarbeitung gern und lassen sich von mangelnden Tippfähigkeiten nicht abschrecken). Julie McGee, die Leiterin der Computer Lehrplanentwicklung an der Lyons Town Hill High School in Illinois berichtet, daß die Schüler von der Textverarbeitung fasziniert und gerne bereit sind, den Umgang damit zu erlernen (McGee 1982): Weil der Computer das Schreiben so sehr erleichtert, *wollen* sie schreiben und sind auch immer bereit dazu, ihre Texte zu überarbeiten und Fehler zu berichtigen. Auch McGee hat den Nutzen der Textverarbeitung für die Gruppenarbeit feststellen können; beispielsweise stellen ihre Schüler mit dem Textverarbeitungsprogramm ihr Jahrbuch zusammen. Wie die jüngeren Kinder freuen sie sich über ein *gedrucktes* Ergebnis und wie sie kooperieren sie bei der Produktion des Buches.

All diese Reaktionen auf das Schreiben mit dem Computer konnte ich an mir selbst beobachten und ich wäre sehr überrascht, wenn es anderen Erwachsenen nicht ähnlich erginge. Tatsächlich haben sich berufsmäßige Vielschreiber scharenweise zur Textverarbeitung verführen lassen⁷⁴.

Obwohl für einen direkten Vergleich keine Daten zur Verfügung stehen,

hat es doch den Anschein, daß sich die grundlegenden Auswirkungen der Textverarbeitung bei Kindern und Erwachsenen in vieler Hinsicht gleichen.

Viele der bisher erwähnten Projekte mit Kindern befinden sich im Stadium der systematischen Überprüfung, wie sich Textverarbeitung auf die Schreibfähigkeit auswirkt. In einem dieser Projekte gibt es aber schon jetzt einige bedeutsame Resultate. James Levin und seine Kollegen verglichen zwei Klassen der dritten und vierten Jahrgangsstufe miteinander. Die eine Klasse hatte vier Monate lang mit einem speziell für Kinder entwickelten Textverarbeitungsprogramm gearbeitet, während die andere Klasse lediglich den normalen Schulunterricht erhalten hatte. Zu Beginn und dann wieder nach Beendigung der Testphase wurde jeder Klasse ein Aufsatzthema gestellt, das die Schüler in einer begrenzten Zeit (mit Bleistift und Papier, ohne Textverarbeitungsgerät) bearbeiten mußten. Die „vorher“- und „nachher“-Arbeiten wurden hinsichtlich der Länge (Anzahl der Wörter) und der allgemeinen Qualität (mit einer Gewichtung auf engem Themenbezug und übersichtlicher Gliederung) miteinander verglichen.

Die Forscher stellten bei den Aufsätzen der Computerklasse eine Zunahme von 64% der Wörter fest, während sich bei den Arbeiten der Kontrollgruppe keine positiven Veränderungen ergaben. Die Ergebnisse zeigten darüber hinaus bei der Computerklasse auch einen Zugewinn an Qualität, die auf einer 5-Punkte-Skala bewertet wurde; nämlich eine durchschnittliche Erhöhung des Mittelwertes von 2.00 auf 3.09. Auch hinsichtlich der Einschätzung der Qualität fanden sich keine Veränderungen bei der Kontrollgruppe (Levin u.a. i.Dr.). (Wir wissen nicht, in welchem Ausmaß diese Ergebnisse durch die vermehrte Schreibpraxis in der Klasse mit dem Textverarbeitungsgerät verursacht oder lediglich durch die Benutzung des Gerätes hervorgerufen wurden. Wie dem auch sei, daß die Verfügbarkeit des Textverarbeitungssystems die Schüler zu vermehrtem Schreiben brachte, belegen die Ergebnisse eindeutig.)

Wahrscheinlich wird in diesen Ergebnissen die Wirkung des Computers unterschätzt, weil sie sich auf die traditionelle Form des Schreibens *ohne* Computer als Vergleichsgrundlage beziehen. Ich glaube, daß die Ergebnisse deutlicher ausfielen, wenn die computererfahrenen Kinder ihre Prüfungen mit dem Textverarbeitungsgerät schreiben könnten. Der in dieser Studie vorgenommene Vergleich gab den computerlosen Kindern eine etwas günstigere Ausgangsposition; deshalb konnte die Studie auch keine Aussagen über die spezifische Leistungsfähigkeit des Computers als Schreibwerkzeug treffen. Die Resultate dieser Untersuchung konnte ich

auch an mir selbst erleben. Nachdem ich eine Zeitlang mit dem Computer geschrieben hatte, gewann ich den Eindruck, daß ich nun auch auf einer normalen Schreibmaschine besser formulieren konnte als vorher. Gleichwohl konnte ich mit dem Textverarbeitungssystem viel flüssiger schreiben und leichter umformulieren. Der Wert eines Werkzeugs läßt sich am deutlichsten an der mit seiner Hilfe bewältigten, und nicht an der ohne seine Hilfe geleisteten Arbeit ablesen.

Levin und seine Mitarbeiter untersuchten auch die Kooperationsformen bei der Textverarbeitung im einzelnen. Sie ließen Kinder paarweise zusammen arbeiten und konnten dabei einen großen Fortschritt feststellen: „Wenn ein Kind beim Schreiben nicht weiterkommt, passiert es häufig, daß das andere Kind mit einer anderen Sichtweise die Blockade überwinden kann. Das erste Kind profitiert nicht nur von der unmittelbaren Problemlösung, sondern von der Konfrontation mit alternativen Lösungsmöglichkeiten.“ (Levin u.a. i.Dr.) Das paarweise Arbeiten verringerte überdies in erheblichem Umfang die zeitliche Belastung des Lehrers. Die meisten der bei den Schülern aufgetretenen Schwierigkeiten konnten unmittelbar von dem jeweiligen Partner gelöst werden, ohne daß der Lehrer eingreifen mußte. Dies ermöglichte dem Lehrer, seine Zeit gezielt auf die individuellen Bedürfnisse der Schüler zuzuschneiden.

Diese Studie zeigt, daß die mit Hilfe des Computers bewirkte Kooperation es dem Lehrer mehr als bei den herkömmlichen Unterrichtsmethoden erlaubt, den Unterricht auf den einzelnen Schüler zuzuschneiden und die Aufgaben an die Bedürfnisse und Fähigkeiten unterschiedlicher Kinder anzupassen. Je mehr Erfahrung der Schüler im Umgang mit dem Computer sammelt, um so mehr ist es möglich, die Hilfestellung des Lehrers schrittweise auszublenden. Dadurch entsteht ein System „abgestufter Unterstützung“ (dynamic support), das variabel auf die jeweiligen Bedürfnisse der Schüler reagiert. Auch der Computer selbst kann individualisierte und abgestufte Hilfen in Form von mehr oder weniger strukturierten Aufgaben bereitstellen. So könnte man z.B. Anfängern Wort- und Satzergänzungsaufgaben stellen, bereits erfahrenere Schüler müßten angefangene Geschichten fertig erzählen und fortgeschrittene Schüler könnten ihre Themen ganz ohne Vorgaben bearbeiten. Diese Möglichkeiten zur *Individualisierung des Lehrprozesses* ist sicher ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Beurteilung des Computers für Unterrichtszwecke.

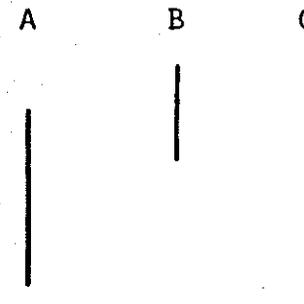
Seymour Papert führt in seinem Buch *Mindstorms* aus, weshalb Schüler so interessiert, ja enthusiastisch auf die Einführung von Textverarbeitung beim Schreiben reagieren:

Für mich bedeutet Schreiben, daß zunächst ein grober Entwurf angefertigt wird, der dann über einen ziemlich langen Zeitraum verfeinert wird. Mein Bild über mich selbst als Schriftsteller bezieht die Erwartung einer ‚nichtakzeptablen‘ ersten Fassung, die sich nach wiederholter Überarbeitung zu einer präsentablen Fassung entwickelt, mit ein. Aber ich könnte mir dieses Selbstverständnis nicht leisten, wenn ich ein Drittkläßler wäre. Der eigentliche Schreibvorgang wäre langsam und mühselig. Ich hätte keine Sekretärin. Für die meisten Kinder ist das Umschreiben eines Textes so mühsam, daß der erste Entwurf die Endfassung ist, und die Fähigkeit des kritischen Überlesens nie erworben wird. Das ändert sich entscheidend, wenn Kinder Zugang zu Computern haben, die Texte bearbeiten können. Der erste Entwurf entsteht direkt mit und auf der Tastatur. Korrekturen sind leicht zu machen. Die jeweilige Fassung ist immer sauber und ordentlich. Ich kenne ein Kind, das innerhalb weniger Wochen von einer totalen Ablehnung des Schreibens zu einem intensiven Engagement kam (und gleichzeitig zu einer raschen Qualitätssteigerung), als es mit Hilfe eines Computers schrieb. Noch weitaus dramatischere Veränderungen werden festgestellt, wenn das Kind körperlich so behindert ist, daß das Schreiben per Hand ungewöhnlich schwierig oder gar unmöglich ist. (Papert 1985, S. 38)

Textverarbeitung und Denken. Weitaus spekulativer als die Auswirkungen der Textverarbeitung auf das Schreiben sind die Effekte auf das Denken. Sylvia Scribner verfaßte 1969 einen provokativen Aufsatz über *The cognitive consequences of literacy*, die kognitiven Auswirkungen der Lesefähigkeit; sie argumentierte, daß Lesen und Schreiben eine notwendige Voraussetzung sei für das Erreichen der höchsten Stufe der Intelligenzentwicklung nach Piaget – die Stufe der formalen Operationen. Ein Gesichtspunkt, nach dem man formale Operationen von der vorausgehenden Stufe der konkreten Operationen unterscheidet, ist die Fähigkeit, Behauptungen in der Vorstellung neu zu ordnen. Auf der früheren Entwicklungsstufe können Kinder konkrete Gegenstände, aber keine abstrakten Begriffe in der Vorstellung neu ordnen. Für Leser, die mit Piagets Theorie nicht vertraut sind, zeigt Abbildung 8 dieselbe Aufgabe in zwei Varianten – einmal auf dem Niveau der konkreten Operationen und einmal auf der Ebene der formalen Operation.

Scribners Hypothese über die Auswirkung des Lesens und Schreibens geht auf eine grundlegende Theorie Piagets zurück. Diese besagt, daß die kognitive Entwicklung des Kindes sich als Ergebnis seiner aktiven Auseinandersetzung mit seiner Umwelt herstellt. Das ist für den Fall der konkreten Operationen ganz offensichtlich: hier kann das Kind konkrete, faßbare Gegenstände manipulieren. Aber wie läßt sich das auf die abstrakten Fähigkeiten, die das Charakteristikum der formalen Operationen sind, übertragen? Scribners Antwort lautete, daß beim Schreiben die Aussagen und Feststellungen in einer äußerlich sichtbaren Form vorhan-

Konkret-operatorisches Problem



Welche Linie ist am längsten?

Problem der formalen Operation

Edith ist kleiner als Lilly

Edith ist größer als Ann

Welche von ihnen ist am größten?

Abb. 8: Ein Reihungsproblem auf zwei Stufen der intellektuellen Entwicklung

den seien und im Überarbeitungsvorgang (neu) geordnet werden könnten. Sie wies darauf hin, daß in den schriftlosen Kulturen formale Operationen niemals beobachtet worden seien; darüber hinaus führte sie einige Belege dafür an, daß diese Fähigkeiten auch bei Menschen ohne High School-Ausbildung fehlten. Die grundlegende Beherrschung des Lesens und Schreibens ist aber für sich genommen, ebenso wie eine High School-Ausbildung, kein hinreichendes Kriterium für die beschriebene Entwicklungsstufe; denn ein ganz beträchtlicher Teil der amerikanischen College-Studenten erreicht die Stufe der formalen Operationen, wie sie in den Piagetschen Tests gemessen werden, nicht.

Meine Vermutung geht dahin, daß nicht alle High School- und College-Schüler genügend Erfahrung bei der Überarbeitung und Neufassung eines Textes besitzen, um Probleme von der Art zu lösen, wie sie in Abb. 8 dargestellt sind. Ich glaube, daß gerade die Textverarbeitung geeignet ist, sehr viel mehr Menschen diese Erfahrung zu vermitteln. Daher lautet meine Voraussage, daß es mit der zunehmenden Verbreitung des Computers als Hilfsmittel beim Schreiben bei einem größeren Teil der Bevölkerung zu einer verbesserten Leistungsfähigkeit bei formalen Problemen kommen wird.

Formulieren am Textverarbeitungsgerät allein führt freilich noch nicht zum formalen Denken; dazu bedarf es vor allem auch der Überarbeitung. Selbst in der achten Klasse gibt es – auch wenn ein Computer zur Verfügung steht – nur ganz wenige Schüler, die mit dem Text aktiv umgehen, ihn von sich aus neu anordnen, umschreiben. Bei älteren Schülern und in der Gruppenarbeit scheint Überarbeitung häufiger vorzukommen. Wenn Geräte zur Textverarbeitung erst einmal überall in den Schulen zur Verfügung stehen, werden es die Lehrer leichter haben, ihre Schüler zu einer intensiveren Überarbeitung verfaßter Texte zu ermuntern. Meine Hypothese über die Auswirkung der Textverarbeitung auf formale Operationen bewahrheitet sich also nur dann, wenn der Computer auch tatsächlich zur Revision von Texten, zur Umformulierung, Umstellung und Überarbeitung beim Schreiben genutzt wird.

Kognitive Anforderungen der Textverarbeitung. Wie bereits erwähnt, sind die grundlegenden Funktionsweisen der Textverarbeitung für Kinder leicht erlernbar. Eine Untersuchung an Erwachsenen wirft ein wenig Licht auf die Fähigkeiten, die Kinder wohl mitbringen und die es ihnen erleichtern, mit Textverarbeitungsprogrammen umzugehen. Die Leichtigkeit, mit der Erwachsene die Benutzung von Textverarbeitungsprogrammen erlernten, war in erster Linie von ihrem *räumlichen Gedächtnis* und in zweiter Linie von ihrem *Alter* abhängig. Je besser das räumliche Gedächtnis (für die Anordnung von Dingen) und je jünger die Person war, um so leichter gestaltete sich der Lernprozeß.

Aus früheren Kapiteln werden Sie sich daran erinnern, daß Kinder beim Fernsehen räumliches Vorstellungsvermögen erwerben. Die Bedeutung des räumlichen Gedächtnisses für die Textverarbeitung gibt einen Hinweis auf die durch das Fernsehen erworbenen Kompetenzen, die dem Erlernen der Textverarbeitung speziell und dem Arbeiten mit Computern allgemein zugute kommen. Die festgestellte Altersabhängigkeit in der Erwachsenenstudie deutet darauf hin, daß Kinder beim Erlernen des Umgangs

mit der Computertechnologie gegenüber Erwachsenen im Vorteil sein dürften – ganz gleich, ob ihr Vorsprung auf ihre größere Flexibilität oder auf ihre Erfahrung mit dem Fernsehen zurückgeht.

Bei der Textverarbeitung erscheint das Medium „Druck“ im Kontext des neuen Mediums Computer. Häufig wird behauptet, daß die Fähigkeit oder „Kunst“, schreiben (und lesen) zu können, in dem Maße abgenommen hat, in dem das gedruckte Wort in der Konkurrenz zu den elektronischen Medien an Terrain verloren hat. Es ist von großem Interesse, ob im Zuge der weiteren Verbreitung von Computern die Textverarbeitung mit all ihren Optionen, die sie einem „Autor“, also jemandem, der schreiben will, an die Hand gibt, diese Entwicklung umkehren kann.

Programmieren

Die größten pädagogischen Erwartungen im Zusammenhang mit dem Computer konzentrieren sich auf die Möglichkeit des Programmierens.

In Frankreich bezeichnete ein offizieller Regierungsbericht das Programmieren von Computern als eine Disziplin, die in ihrer wegweisenden Bedeutung mit der Beherrschung der eigenen Muttersprache und dem Rechnen vergleichbar sei. Es wurde empfohlen, Computerwissenschaft in den weiterführenden Schulzweigen als Pflichtfach⁷⁵ mit 200 über vier Jahre verteilten Unterrichtsstunden einzuführen. Viele Erzieher und Eltern in den USA dürften einen solchen Vorschlag gutheißen. Die in dem Report angeführten Gründe gehen über den praktischen Gebrauchswert der Computerkenntnisse hinaus. So wie man früher den Erwerb klassischer Sprachen hochschätzte, wird heute das Programmieren von Computern oft als ein besonders mentales Training angesehen, ein ganz spezieller Wissenszweig, der sich positiv auf die gesamte kognitive Entwicklung auswirkt. Programmieren zwingt zu einer folgerichtigen und genauen Beschreibung der einzelnen Schritte, die zur Erreichung eines erwünschten Zieles erforderlich sind. Diese streng logische Vorgehensweise ist erforderlich, da Computern die Fähigkeit zum intuitiven Verstehen fehlt, durch die wiederum eine – trotz der semantischen Vieldeutigkeit der Sprache – erfolgreiche alltägliche Kommunikation erst ermöglicht wird (National Institute of Education 1982).

Papert (1985, S. 13) formulierte es so: Bisher wird der Computer in den Schulen benutzt, um das Kind zu programmieren. Aber das Kind sollte den Computer programmieren. Und es gibt einige Kinder, die sich dem Programmieren mit großer Begeisterung zuwenden. Schon früh gab es erste Berichte in der Tagespresse, die aus programmierenden Kindern eine Sensationsnachricht machten. Die Zeitschrift *Money* z.B. veröffentlichte

1982 einen Artikel über Jugendliche, die sich als Teilzeitprogrammierer und Software-Entwickler viel Geld verdient hatten. Die beiden jüngsten in dem Artikel erwähnten Programmierwunderkinder, zwei gerade zwölf Jahre alte Burschen, hatten ein Datenverwaltungsprogramm entwickelt und anschließend eine Firma gegründet, mit deren Hilfe sie ihr Produkt vermarkteten (Harris 1982). Obwohl die meisten Kinder das Programmieren einfacher Befehlsketten leicht erlernen, legen die Beobachtungen in der Bank Street School die Vermutung nahe, daß nur etwa ein Viertel der Kinder der dritten bis sechsten Jahrgangsstufe großes Interesse für das Erlernen einer Programmiersprache aufbringt. Ein weiteres Viertel zeigt kaum Interesse und lernt nur sehr wenig. (Diese Ergebnisse beziehen sich auf die spezielle Computersprache LOGO. Zwar fehlen bisher Untersuchungen zu diesem Thema; aber es wird häufig, wie z.B. von Sherman Rosenfeld, die Ansicht vertreten, daß das weniger durchstrukturierte BASIC für jüngere Kinder, deren kognitive Entwicklung ihnen den Umgang mit gewissen komplexen logischen Strukturen noch nicht ermöglicht, leichter zu erlernen sein dürfte als LOGO.)⁷⁶

Wenn Kinder sich an schwierige Programmieraufgaben heranwagen, versuchen sie sich bevorzugt an Videospiele (Pea & Kurland 1983). Videospiele erweisen sich hier, zusätzlich zu ihren bereits erwähnten Vorzügen, als bedeutsamer Anreiz für das Programmieren(lernen). Abgesehen von diesem Motivationsfaktor dürfte die Erfahrung der Kinder mit den Videospiele die sensumotorischen Kenntnisse für die mit Hilfe eines Programmes zu gestaltenden Inhalte liefern. Das Programmieren von Spielen stellt einen ersten positiven Schritt zur konzeptuellen Entwicklung und Beherrschung komplexer Systeme dar. Videospiele dürften sich deshalb als solide Grundlage für die Entwicklung einer symbolischen Repräsentation komplexer, interaktiver und dynamischer Systeme anbieten, weil die stärker auf Abstraktion beruhenden Fähigkeiten auf der praktischen sensumotorischen Erfahrung aufbauen.

Ein Computerprogramm besteht im wesentlichen aus einem folgerichtig aufgebauten Satz von Anweisungen an den Computer, die in einer für den Computer entschlüsselbaren Sprache abgefaßt sein müssen. LOGO ist eine solche Sprache, die von Seymour Papert und seinen Kollegen am MIT (Massachusetts Institute of Technology) speziell mit dem Ziel entwickelt wurde, Kinder ins Programmieren einzuführen. Da der Computer keine eigenen Schlußfolgerungen ziehen kann, müssen die Anweisungen lückenlos und vollständig ausformuliert sein. Ein zehnjähriger Schüler der Bank Street School sagte deshalb über den Computer: „Der ist doch doof, ich muß ihm alles sagen.“

Diese Eigenschaft enthält aber auch einen wichtigen positiven Gesichtspunkt. Der Zwang zu einer lückenlosen, klaren Programmierung führt möglicherweise zum Ausbuchstabieren und zum Bewußtwerden alltäglicher Handlungsabläufe, die normalerweise implizit bleiben und als gegeben hingenommen werden. Papert liefert ein passendes Beispiel dazu aus der „Turtle(Igel)-Geometrie“; dabei handelt es sich um ein Geometrie-Lehrprogramm, bei dem der sichtbare Weg der Operationseinheit „Igel“ mit Hilfe von LOGO programmiert wird. Nehmen wir z.B. ein Kind, das seinen „Igel“ (der auf dem Bildschirm als Lichtdreieck erscheint) so programmieren will, daß er sich im Kreis bewegt. Das Kind erhält zunächst die Anweisung, den Weg des „Igels“ selbst nachzuahmen, sich selbst also zu bewegen, wie es der „Igel“ tun müßte, um im Kreis zu laufen. Das ließe sich etwa folgendermaßen beschreiben: Wenn man im Kreis geht, macht man einen kleinen Schritt vorwärts und dreht sich ein wenig. Und das macht man immer wieder fort, bis der Kreis geschlossen ist. Der nächste Schritt besteht darin, diese Beschreibung in die Programmiersprache zu übersetzen:

PR KREIS WIEDERHOLE? [VORWÄRTS 1 RECHTS] ENDE
(Papert 1985, S. 67).

Dieses Programm oder dieser Satz von Anweisungen befiehlt dem Computer, das Dreieck jeweils eine Einheit vorwärts und eine Einheit nach rechts (oder links) zu bewegen und diese Befehlsfolge ständig zu wiederholen. Ein Kind, das bis hierher folgen konnte, hat auf eine neue Art erfahren, was es bedeutet, im Kreis zu gehen. Derartige Vorgänge der Bewußtmachung schaffen beim Kind, das sich ja selber nicht programmieren mußte, um laufen zu lernen, die Vorbedingung dafür, daß es den Computer programmieren kann.

Eine sorgfältige Untersuchung von Kindern und Lehrern, die mit LOGO arbeiten, zeigt, daß sich die Einsicht in die einzelnen Schritte solcher Sequenzen nicht spontan einstellt. Es besteht ein Bedarf an einem stärker strukturierten Lernumfeld, als es Papert für nötig erachtet (Pea & Kurland 1982). Ähnlich wie beim gedruckten Wort reicht die Konfrontation mit dem Medium *alleine* zur Entwicklung spezieller Fähigkeiten nicht aus; wie beim Lesenlernen benötigen die Kinder beim Erlernen des Programmierens eine gezielte Unterweisung.

Paperts Beispiel kann aber einen anderen bedeutsamen Gesichtspunkt erhellen. Das Programm zur Erzeugung eines Kreises basiert auf der

differentiellen Geometrie, die selbst wiederum Teil der Differentialrechnung ist. Damit unterscheidet es sich z.B. von einem Computerprogramm, das auf der Euklidischen Geometrie aufbaut, die den Kreis über den gleichbleibenden Abstand aller möglichen Punkte von einem Mittelpunkt definiert. Normalerweise wird die Euklidische Geometrie einige Jahre vor der Einführung in die Differentialrechnung unterrichtet. Der Computer ermöglicht hier eine Umkehr in der Reihenfolge der zu erlernenden geometrischen Konzepte. Papert glaubt, daß mit Hilfe des Programmierens die als weit fortgeschrittenen geltenden kognitiven Fähigkeiten bereits in viel jüngerem Alter erworben werden können, als bisher angenommen wurde. Auch wenn solche Ansprüche provokativ klingen und viel Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben, gibt es für derartige Behauptungen bislang noch kaum wissenschaftlich abgesicherte Belege.

Auswirkungen des Programmierens. Die bereits erwähnte Untersuchung der Klassen, die LOGO benutzt haben, ergab, daß die Schüler, die ein Jahr lang mit LOGO gearbeitet hatten, für die Arbeit mit Computern insgesamt profitierten. So wußten sie z.B. eine ganze Menge über die Einsatzmöglichkeiten von Computern und sie hatten begriffen, daß Computer sehr ausgefeilte und vollständige Anweisungen benötigen. Darüber hinaus konnten sie die relativen Vor- und Nachteile zweier verschiedener Computertypen für unterschiedliche Programmieraufgaben diskutieren. In der Zukunft gewinnt dieses Wissen für Erwachsene an Bedeutung, die – unabhängig davon, ob sie nun selbst programmieren oder nicht – häufig mit Computern zu tun haben werden.

Gibt es irgendwelche handfesten Belege dafür, daß sich das beim Programmieren Erlernte auch auf andere kognitiven Fähigkeiten überträgt? Derartige Belege wären erforderlich, um die in dem zitierten französischen Regierungsbericht formulierten Ansprüche zu begründen. Mit einiger Sicherheit läßt sich sagen, daß Programmieren einen positiven Effekt auf den Mathematikunterricht hat. So half elfjährigen Schülern z.B. das Entwerfen eines Programms zur Erzeugung und zum Drucken von Zahlenreihen dabei, Aufgaben zu lösen, bei denen das mathematische Konzept „Variable“ impliziert war (Pea & Kurland 1983).

Programmieren mit LOGO ist auch zur Vermittlung physikalischer Konzepte herangezogen worden. Andrea DiSessa und Seymour Papert unterrichteten an der Abteilung für künstliche Intelligenz des MIT Physik mit „Dynaturtle“, einer modifizierten Version des „Schildkröten-(Igel-)programms“. Der „Dyna-Igel“ sieht auf dem Bildschirm genauso aus wie

der „Igel“ im Geometrieprogramm; seine Bewegungen jedoch folgen nicht mathematischen Regeln, sondern gehorchen physikalischen Gesetzmäßigkeiten.

Die Schüler steuern die Bewegungen des „Dyna-Igels“, indem sie ihn mit Kräften von bestimmter Richtung und Größe „anstoßen“. Der „Dyna-Igel“ verhält sich auf dem Bildschirm entsprechend den Gesetzen der Newtonschen Physik wie ein Gegenstand auf einer glatten Oberfläche.

Eine der ersten Überraschungen, die die Schüler bei diesem Programm erleben, ist die Entdeckung, daß sich der „Dyna-Igel“ nicht immer in die Richtung bewegt, in die er angestoßen wurde. Wenn sich „Dyna-Igel“ z.B. nach oben bewegt und der Schüler will, daß er sich zur Seite hin bewegen soll, dann reicht dazu ein Anstoß zur Seite nicht aus. Es muß ihm vielmehr einen Stoß mit einer Richtungsänderung und in einer Größenordnung versetzen, der die Aufwärtsbewegung vollständig kompensiert und überdies eine Bewegungsänderung zur Seite hin einleitet (DiSessa 1981). Abb. 9 illustriert den Unterschied zwischen der Erwartung des Schülers über die Richtungsänderung des „Dyna-Igel“ und dem tatsächlichen Weg, den er nimmt, wenn man ihm einen Stoß zur Seite hin gibt.

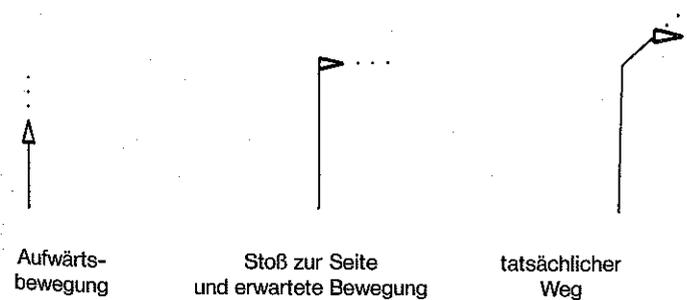


Abb. 9: Ein Schülerirrtum bei der Bewegungsvorstellung; nach DiSessa, „LOGO-Projekt“, Massachusetts Institute of Technology.

„Dyna-Igel“ kann dabei helfen, ein intuitives Verständnis der grundlegenden Konzepte der Mechanik zu vermitteln – eine Aufgabe, die unter herkömmlichen Lernbedingungen nur sehr mühevoll gelingt. Ein Grund dafür ist, daß glatte Oberflächen (wie sie in der klassischen Physik gefordert werden) nicht allgemein verfügbar sind. Der verhältnismäßig geringe Erfolg der gängigen Physikdidaktik bei der Vermittlung dieser Konzepte zeigt sich darin, daß die MIT-Physikschüler, die mit dem

„Dyna-Igel“ spielten, im Test fast genauso schlecht abschnitten wie die Schüler der Grundschule (DiSessa 1982).

Es existiert nur ein einziger beweiskräftiger Beleg für den Transfer des Programmierens auf eine allgemeine kognitive Fähigkeit, die keinen Bezug zum Programmieren selbst aufweist: Nach einem Jahr Praxis mit LOGO erreichten Neun- bis Elfjährige bei einem Wortpuzzle und bei einer Umordnungsaufgabe bessere Ergebnisse als eine Vergleichsgruppe ohne Programmiererfahrung (Pea & Kurland 1983). Der Umordnungsaufgabe (bei der das Kind aufgefordert wird, eine Anzahl von Gegenständen auf möglichst viele Arten neu zu ordnen) kommt ein besonderes Gewicht zu, weil Umordnung und Kombinieren den formalen Denkopoperationen zuzurechnen sind. Deshalb stützt dieses Ergebnis bis zu einem gewissen Grad Paperts Behauptung, daß das Programmieren formal operationale Fähigkeiten entwickelt, indem es abstrakte Sachverhalte durch Zerlegung in Einzelschritte konkret nachvollziehbar macht.

Programmieren und soziale Interaktion. „Igel“ und „Dyna-Igel“ erwecken den Anschein einer mechanistischen und nur aus Individuen bestehenden Welt ohne menschliche Beziehungen, in der Schüler und Studenten allein dasitzen und auf Bildschirme starren. Viele Menschen scheinen solche oder ähnliche Vorstellungen mit dem Computer zu verbinden. Um den Einfluß des Programmierens auf das soziale Kontaktverhalten der Kinder zu erforschen, haben die Untersucher des bereits erwähnten Bank Street-Projekts Kinder im Alter zwischen acht und elf Jahren beim Erlernen der Programmiersprache LOGO und während ihrer eher traditionellen Beschäftigungen im Unterricht beobachtet. (Die Gelegenheit zur Beobachtung des sozialen Verhaltens in diesen unterschiedlichen Situationen ergab sich dadurch, daß alle Beobachtungen in Arbeitsphasen stattfinden konnten, in denen der Lehrer nicht anwesend war). Während die Kinder mit dem Computer arbeiteten, zeigte sich bei ihnen sowohl im sprachlichen Bereich als auch auf der nichtsprachlichen Kommunikationsebene eine stärkere Kooperation als bei den anderen Aktivitäten (Hawkins u.a. 1982). Die überraschende Tatsache, daß das Arbeiten am Computer eine gesellige, *kooperative Atmosphäre* schafft, zumindest in der beobachteten Schulsituation, ist etwas, was mir bei meinen Recherchen für dieses Buch immer wieder begegnet ist. Es hat den Anschein, daß die verbreiteten Ängste über den entmenslichenden und mechanisierenden Einfluß des Computers zumindest teilweise unbegründet sind, und daß die Auswirkungen des Computers auf die Schule ganz allgemein vollkommen entgegengesetzter Art sind.

Ein Blick in die Zukunft

Mit O.K. Tikhomirov (1974) ließe sich sagen: „Wie die Entwicklung des Verbrennungsmotors den Menschen ein Werkzeug zur Beherrschung der physikalischen Welt an die Hand gab, so stellte der Computer ihnen ein Werkzeug für geistige Aktivitäten zur Verfügung . . . Werkzeuge sind aber nicht einfach eine Ergänzung menschlichen Handelns, sie verändern es.“ Wird der Computer, wie Tikhomirov behauptet, die geistigen Aktivitäten der Menschen wirklich verändern?? Im Bereich der Textverarbeitung, in dem die Computer am meisten Ähnlichkeit mit einem Werkzeug aufweisen, verändern sie allem Anschein nach die Beziehung des Kindes (und die des Erwachsenen) zum Schreiben. Vielleicht wird sich später, wenn sich die Entwicklung überblicken läßt und alle Argumente überprüft worden sind, herausstellen, daß der *entscheidende* Beitrag der Computer zur Erziehung in seinem *Motivationspotential* besteht. Computer fesseln das Interesse von Schülern, die normalerweise aus dem Bildungssystem ausscheiden würden. An der Garfield High School, die inmitten des lateinamerikanischen Viertels von Los Angeles liegt, beträgt der Prozentsatz der regelmäßigen Schulschwänzer in den Computerklassen weniger als 5%; im Vergleich dazu liegt die Abwesenheitsquote für die gesamte Schule bei 20%. Die Schüler der Computerklassen kommen nicht nur zum Unterricht, sie bleiben vielmehr noch nach der Schule und treffen sich sogar samstags, um mit dem Computer zu arbeiten^{78, 78a}.

