**Zeitschrift:** Archiv für das schweizerische Unterrichtswesen
**Band:** 56/1970-57/1971 (1971)

**Artikel:** Vom programmierten zum computergesteuerten Lernen
**Autor:** Fischer, Hardi
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-60409

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 12.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Vom programmierten zum computergesteuerten Lernen

*Professor Dr. Hardi Fischer, Eidg. Technische Hochschule, Zürich*

Die moderne Unterrichtstechnologie, die mit raschen Schritten die Schulen erobert, macht auch in der Schweiz Fortschritte. Nicht die technologische Seite dieses Fortschritts, sondern die als Folge zu verzeichnende oder zu erwartende pädagogische, didaktische und soziale Umstellung weckt Widerstand. Welches wird die neue Rolle des Lehrers, welches die Wechselwirkung Schüler–Lehrer oder Schüler–Schüler in Zukunft sein? Die Ungewißheit über die schulischen Wandlungen als Gefolge einer Unterrichtstechnologie kann nur überwunden werden, wenn die Lehrerschaft aller Stufen an solchen Neuentwicklungen mitbeteiligt wird und wenn künftige Lehrer in ihrer Ausbildung mit diesen neuen Hilfsmitteln nicht nur vertraut gemacht werden, sondern damit selbst unterrichtet werden, damit sie Ursachen und Wirkungen der modernen Unterrichtstechnologie an sich selbst kennenlernen.

Die heute verfügbaren unterrichtstechnologischen Hilfsmittel sind schon recht zahlreich. Neben apparativen Hilfen, die ein Kollektiv ansprechen (Filme, Video-Recorder usw.), sind einige andere unter ihnen angetan, den individualisierten Unterricht zu systematisieren. Dazu gehören der programmierte Unterricht (PU) und das computerunterstützte Lernen (Computer Assisted Instruction = CAI). Die Förderung des individualisierten Unterrichts wurde von *Robert Dottrens* (1936) schon früh erkannt und in Genfer Schulen schon in den dreißiger und vierziger Jahren praktiziert. Aber mit der Wucht einer ganz kleinen, pädagogischen Revolution, wie sie der PU ausgelöst hat, rechneten damals auch die Vorkämpfer nicht.

## *1. Der programmierte Unterricht (PU)*

Der programmierte Unterricht ist heute allenthalben bekannt. Nach einer rasch aufflammenden Idee im Gefolge der operanten Konditionierung im Sinne *B.F. Skinners* ist es heute wieder ruhiger geworden. Dies hat seine Gründe: Glaubte man anfänglich an die bestehende Einfachheit der Idee, erkannte man erst spät die Komplexität des Verfahrens; glaubte man anfänglich an die Unfehlbarkeit der lernpsychologischen Theorie, wuchs allmählich der Widerstand gegen die These, man könne Menschen wie Tiere konditionieren. Viele Mißverständnisse, die irrational und emotional in Gesprächen zum Vorschein kamen, konnten nicht mehr in richtige Bahnen gelenkt werden, so daß sich die Fronten zwischen Befürwortern und Gegnern verhärteten, wobei die Befürworter nach wie vor zu einer Minderheit gehören. Wie jede Methodik und Didaktik hat der PU seine Vor- und Nachteile, die hier kurz kommentiert seien.

Die *Vorteile* sind zahlreich. Einige seien davon aufgezählt.

Jeder Schüler wird aktiviert, d.h. der Informationsaustausch zwischen dem Lehrsystem und dem Schüler wird infolge der ständigen Rückkoppelung, also unter Anwendung des Prinzips der Regelkreise verbessert. Jeder Schüler kann sein ihm adäquates Lerntempo einhalten; daraus ergibt sich eine geringere Streuung der Erfolgsergebnisse, wobei der durchschnittliche Lernerfolg höher liegt als beim konventionellen Unterricht. Mit anderen Worten: mehr Schüler lernen mehr. Nachgewiesenermaßen resultiert beim PU auch ein ansehnlicher durchschnittlicher Zeitgewinn des Lernprozesses ohne Verlust der Aneignungssicherheit.

Vielfach wurde auch ins Feld geführt, durch den PU könne Lehrpersonal eingespart werden, was im Zeichen des Lehrermangels besonders attraktiv wäre. Diese Argumentation ist insofern unrichtig, als daß durch die Entlastung des Lehrers von der reinen Wissensvermittlung neue Aufgaben erzieherischer Art für ihn möglich und erforderlich sein sollen.

Die *Nachteile* beziehen sich meist weniger auf den PU als solchen, sondern auf unangenehme Begleiterscheinungen. Da wären zunächst die sozialen Aspekte zu erwähnen. Jeder individualisierte Unterricht, auch der PU, leidet unter der Isolierung der Lernenden. Der mitmenschliche Kontakt zwischen Lehrer und Schülern, das soziale Lernen mit den Erscheinungen eines gesunden Wettbewerbs, der Anpassung und Kooperation fehlen vollständig. Diese Abkapselung und die je nach Altersstufe begrenzte Konzentrationsfähigkeit der Schüler

führte zur Ansicht, daß der PU nur wohldosiert eingesetzt werden dürfe.

Die Entwicklung eines Lehrprogramms mit allen Phasen der Redaktion, des Austestens und der Evaluation ist zeitraubend, benötigt spezialisiertes Personal, das im Team arbeitet, und ist deshalb entsprechend kostspielig. Besonders in höheren, aber bedingt auch in verzweigten Programmen müssen die Schüler mehr oder weniger den gleichen Weg durchlaufen, wobei in verzweigten Programmen eine begrenzte Zahl von Alternativen möglich ist. Das Nachlesen eines schwierigen Stoffabschnitts wird vielfach problematisch, da im Gegensatz zu einem konventionellen Lehrbuch einzelne Stellen schwer auffindbar und nicht übersichtlich dargestellt sind.

In den letzten zehn Jahren haben sich verschiedene *Programmarten* herausgeschält. Die bekanntesten sind die linearen und die verzweigten Programme. Die linearen Programme sind die ursprünglichsten, so wie sie *F. B. Skinner* aufgrund seiner operanten Konditionierungsthese entwickelte. Deren Hauptmerkmal ist die Verstärkung (Belohnung, unmittelbare Erfolgsmeldung), durch die die Wahrscheinlichkeit des entsprechenden Verhaltens erhöht werden soll und kann. Alle Schüler durchlaufen ein solches Programm in der gleichen Reihenfolge, wobei auf individuelle Lernfortschritte nicht Rücksicht genommen wird. Die Verstärkung erfolgt durch Rückmeldung, ob die der Informationsvermittlung folgende Frage richtig oder falsch beantwortet oder ob die sich auf die vorangehende Information bezogene Textlücke richtig oder falsch ergänzt worden sei. Dabei kommt die Wirkung der Verstärkung nur zustande, wenn praktisch alle Schüler alle Fragen richtig beantworten. Dies wiederum bedingt ein Austesten des Programmes vor dessen wirklichem Einsatz, um sicherzustellen, daß beispielsweise 95 % der Schüler 95 % der Fragen richtig beantwortet haben. Die Antwort muß ganz engen Kriterien (einem Wort, einer Zahl usw.) gehorchen, wenn die Idee der Verstärkung wirkungsvoll bleiben soll. Ein Angebot von äquivalenten Antwortformulierungen ist praktisch ausgeschlossen, so daß die zugehörige Didaktik diese Spontaneitäten immer im Keime ersticken muß. Die Individualisierung betrifft in solchen Programmen nicht den Lernweg, höchstens die Lernzeit.

Die von *N. A. Crowder* vorgeschlagenen verzweigten Programme haben mit der von *F. B. Skinner* ursprünglich vertretenen operanten Konditionierungstheorie nichts mehr zu tun, da die Idee der Verstärkung fallengelassen wurde. Der Schüler darf auch falsche Antworten geben, die durch Zusatzinformationen verbessert werden. *N. A. Crow-*

*der* vergleicht deshalb seine verzweigten Programme eher mit dem medizinischen oder psychologischen Vorgehen im Sinne der Verknüpfung zwischen Diagnose und Therapie. Die Simulation der Schulwirklichkeit ist teilweise gegeben, und die Antwortalternativen, die übrigens meist vorgegeben werden, sind zahlenmäßig auf drei bis fünf beschränkt, da der Programmautor sonst organisatorisch die Konstruktion des Programms nicht mehr bewältigen kann. Die Informationseinheiten, die dem Lernenden vermittelt werden, sind beliebig lang und nehmen keine Rücksicht auf die Kürze wie in den linearen Programmen. Die Individualisierung ist vollkommener, da sie sowohl nach Lernweg als auch nach Lernzeit möglich ist.

In beiden Programmierarten wird vorwiegend mit gedanklichen Tätigkeiten der Schüler gerechnet: Die Schüler füllen in Gedanken eine Textlücke aus, oder sie geben und/oder wählen eine Antwort, ohne sie tatsächlich schriftlich selbst zu formulieren.

Schließlich können die einmal entwickelten Lehrprogramme in verschiedener *Darbietung* im Unterricht vorkommen. Schon aus finanziellen Gründen dürfte das Buchprogramm bei uns am häufigsten vorkommen. Je nach Preislage können Antworten vom Schüler schriftlich im Buch, Ringheft oder in der Vervielfältigung gegeben werden, was eine Kontrolle und Auswertung durch den Lehrer ermöglicht.

Anstatt die einzelnen Lehr- resp. Lernschritte auf einer Buchseite zu fixieren, besteht die Möglichkeit, jede solche Einheit auf einem Filmstreifen festzulegen. Durch Bedienen von Knöpfen in einem einfachen Gerät kann der Filmstreifen ein bis etwa fünf Einheiten vor- oder rückwärts bewegt werden, wobei das Bild auf einen Schirm projiziert wird. Viele dieser sogenannten Lehrmaschinen, die von Industrien ohne genügendes Angebot an Lehrprogrammen vertrieben wurden (und deshalb vielfach vom Markt wieder verschwanden), sind nichts anderes als Seitenumblättermaschinen, bei denen der Vorteil vor einem buchförmigen Lehrprogramm einfach nicht ersichtlich ist. Andere, raffiniertere Geräte erlauben die Aufaddierung der vom Schüler gegebenen Falschantworten in verzweigten Programmen, wodurch der Lehrer zumindest eine quantitative Angabe über Lernverhalten der Schüler gewinnt. Das CAI gibt diesbezüglich noch ganz andere Möglichkeiten ab.

Was die Verwirklichungen des PU in der Schweiz anbelangt, so darf gesagt werden, daß eine stattliche Zahl Lehrer aller Stufen die Idee aufgegriffen hat und daß viele Lehrer, mit oder ohne Unterstützung der Behörden, Lehrprogramme entworfen und mit Lehrprogrammen experimentiert haben. Die verzeichneten Erfolge waren unterschied-

lich; meist war man sich nicht klar über die Art der Verwendung des PU im üblichen Unterrichtsgeschehen und über die Rolle des Lehrers selbst. Durch die Sensation des Neuen machten die Schüler meist begeistert mit, erlahmten aber proportional zur zunehmenden Unsicherheit der Lehrer. Vorwiegend entstanden lineare Programme, aber die Phase der Erprobung wurde oft übersprungen, so daß ein Fehlschlag resultierte. Allzu leicht haben viele Lehrer in diesem Stadium aufgegeben, weil ihnen schließlich die Zeit und manchmal zur rein mechanischen Herstellung der Lehrprogramme auch das Geld fehlte. Die wissenschaftlichen pädagogischen Institute waren vorerst auf die neue Aufgabe nicht vorbereitet, oder es fehlte ihnen das qualifizierte Personal. Am schlimmsten aber war die fehlende Koordination unter den Programmautoren, die infolge der hohen Kosten unbedingt erforderlich gewesen wäre. So entstanden hier und dort Programme über dasselbe Stoffgebiet, und so wertvoll ein reiches Angebot an Lehrmitteln ist, hätte man anfänglich nicht so zufällig vorgehen dürfen. Eine gewisse Resignation war dann auch bei den Befürwortern des PU zu beobachten.

### *2. Der computerunterstützte Unterricht (CAI)*

Wie der PU will CAI den Lehrer nicht ersetzen, sondern unterstützen. Wie in der übrigen Unterrichtstechnologie soll eine elektronische Riesenrechenmaschine dem Lehrer helfen, den Unterricht optimal zu gestalten. Seit 1966 werden in Palo Alto, Kalifornien, Hunderte von Kindern mit Hilfe von schreibmaschinenähnlichen Terminals, die einem Computer angeschlossen sind, in Lesen und Arithmetik unterrichtet. Der durchschnittliche IQ dieser (vorwiegend Neger-)Kinder beträgt 89. In der Schweiz sind vom «Groupe Romand d'Etudes des Techniques d'Instruction» (GRETI) und vom Institut für Arbeitspsychologie der ETH in Zürich und dank der Gratiscomputerzeit von IBM Lehrprogramme über den Computer entwickelt worden. Eines davon (Potenzieren und Logarithmieren) wird gegenwärtig von Lehrlingen der CIBA-GEIGY in Basel verwendet.

Der Arbeitsplatz des Schülers besteht im Minimum aus einem schreibmaschinenähnlichen Terminal, durch den er Informationen vom Computer erhalten oder diesem solche vermitteln kann. Da diese Terminals eher lärmig sind, sind Bildschirmterminals vorzuziehen, bei denen die Schrift auf dem Bildschirm erscheint. Der Nachteil dieser Bildschirmterminals wiederum besteht darin, daß am Ende einer solchen Lektion für den Schüler nichts mehr Schriftliches vorliegt. In

vielen Fällen ist es möglich, daß der Computer auch einen Diaprojektor, ein Tonband usw. steuert, so daß der Unterricht audiovisuell wird.

Im Gegensatz zum PU mit verzweigten Programmen werden dem Schüler keine Wahlantworten vorgegeben, sondern er tippt seine freie und spontane Antwort in den Computer-Terminal. Im Computer sind so viele Antwortmöglichkeiten gespeichert, wie sie während der Testphase von den Schülern gegeben wurden. Tippfehler können vom Computer «übersehen» werden. Der Computer antwortet sofort, und der Schüler hat nicht zu warten. Computer der dritten Generation können mehrere Schüler gleichzeitig mit verschiedenen Programmen bedienen (ähnlich konzipiert wie die sehr zahlreichen Terminals, die von der Swissair für ihre Platzreservationen verwendet werden). Der Computer selbst muß dabei nicht in der Schule stehen, er kann sich hunderte von Kilometern entfernt befinden. Seine Bedienung erfolgt über gewöhnliche oder speziell gemietete Telephonlinien.

Die *Vorteile* des CAI sind dieselben wie für den PU. Wesentlich ist aber im CAI die spontane Beantwortungsmöglichkeit. Auch kann das Lehrprogramm ständig verbessert werden, es bleibt voll adaptiv.

Die *Nachteile* des CAI sind dieselben wie für den PU. Leider aber erhöhen sich die Kosten noch ganz wesentlich, was eine gesamtschweizerische Zusammenarbeit unbedingt notwendig macht. Eine Zusammenarbeit mit den Hochschulen und mit der Industrie wäre ebenfalls erforderlich. Über die tatsächlichen Kosten haben *Felix F. Kopstein* und *Robert J. Seidel* (1969) eine Studie gemacht, die Hinweise über die kommende Entwicklung geben könnte.

Die verwendeten *Computersprachen* müssen so einfach sein, daß sie von einem in Computerwissenschaften nicht ausgebildeten Lehrer ebenfalls verwendet werden können. *Karl Zinn* (1969) hat einige Aspekte der bereits bestehenden rund 40 solcher Sprachen im Hinblick auf ihre Verwendung im Unterricht analysiert. Pädagogisch sollte es so sein, daß die Lehrer der Fachexperten den Computersprachen ihre Wünsche anmelden, so daß sie nicht vor Tatsachen gesetzt werden, die ihnen didaktisch nicht adäquat erscheinen.

Folgende *Programmtypen* können vorgesehen werden:

Die *Tutorenprogramme* präsentieren dem Schüler Stoff und befragen ihn nachher darüber. Dabei kann der Schüler zusätzliche Texte benützen, wodurch das Computer-Lehrprogramm gekürzt und Kosten eingespart werden können. Der Schüler kann aktiv bleiben und weiter lernen, auch wenn er nicht mehr am Terminal sitzt. Die Stoffpräsenta-

tion durch den Computer müßte allerdings kurz sein, weil das Herausdrucken durch den Terminal sonst viel zuviel Zeit beansprucht.

Die *Drill- und Übungsprogramme* dienen der Aneignung von Fertigkeiten, z.B. im reinen Zahlenrechnen, Aneignung von einem fremdsprachigen Vokabular oder den zugehörigen grammatikalischen Regeln, den Namen der chemischen Elemente. Der Computer liefert dem Schüler die Übungen und meldet ihm nach jeder Übung den zugehörigen Erfolg, bittet ihn allenfalls, nochmals zu wiederholen usw. Dem Lehrer kann ein Rapport über die Arbeit jedes Schülers gegeben werden, wobei jede Übung einzeln bezüglich des Klassen- oder jedes Schülererfolges analysiert werden kann. Diese Information für den Lehrer erlaubt ihm, seine Didaktik allenfalls zu verändern. Der Computer kann in der zweiten oder folgenden Stunde genau sagen, wo er am Vortag aufgehört hat, und er beginnt seine Übungsbeispiele einfach wieder dort herauszudrucken, wo der Schüler vorher aufgehört hat. In Palo Alto werden beispielsweise den Schülern durch Tonband und Kopfhörer Wörter vermittelt, die dann über den Terminal richtig buchstabiert werden müssen usw.

Die *Problemlösungs-Programme* bestehen darin, daß der Schüler eine Hausaufgabe gerne mit dem Computer diskutieren möchte. Dies ist auch mit recht komplexen Aufgaben möglich. Die Schüler schätzen diese Besprechungsmöglichkeit besonders dann, wenn sie die richtige Lösung trotz langer Anstrengung nicht finden oder wenn sie zu einem falschen Ergebnis kommen. Der Programmschreiber muß die Probleme genau kennen, inklusive der wahrscheinlichen Schülerfehler, auf die er zusätzliche Erklärungen bereithält. Je mehr Schüler diese Probleme mit Hilfe des Computers zu lösen trachten und je intensiver der Programmschreiber die Schülerantworten analysiert, um so sicherer vermag der Computer dem Schüler zu helfen. Man könnte sagen, daß das Programm oder der Programmschreiber durch Rückkoppelung und Verstärkung lernt. Hierin liegt ein gewaltiger Vorteil vor dem konventionellen PU.

Die *Dialogprogramme* sollen dazu dienen, in einer möglichst natürlichen Umgangssprache einen Dialog zwischen Schüler und Lehrer herzustellen, ohne vorgängige Vermittlung einer besonderen Information. Die Schwierigkeit liegt darin, daß der Computer die Aussagen der Schüler analysieren können muß. Wörter zu erkennen fällt ihm noch relativ leicht, aber die semantischen Zusammenhänge eines ganzen Satzes zu erfassen ist schon viel komplizierter. Daß hier noch fast unüberwindliche Schwierigkeiten bestehen, erkennt man daraus, daß die automatische und maschinelle Übersetzung von einer in die andere

Sprache daran scheiterte, daß man rein statistisch vorgehen wollte, und zwar unter Umgehung der zwischen beiden Sprachen bestehenden Bedeutungsmatrix. Dies war aber einfach nicht möglich. Die Dialogprogramme werden noch ähnliche Schwierigkeiten zu überwinden haben, und wenn auch intensiv an diesem Fragenkomplex gearbeitet wird, so ist man heute noch recht weit von der Lösung entfernt.

Die *Simualtionsprogramme* gehören zu den Programmen, die schon recht oft angewendet worden sind. Man kann Simulationen verschiedener Art durchführen. Einmal können im Computer verschiedene Daten von Experimenten eingegeben werden, die auf Wunsch vom Schüler abgerufen werden, um ein Gesetz in heuristischer Art aufzustellen. Oder die Computer- und Terminalausrüstung erlaubt es, gewisse Bewegungsabläufe (z.B. in Physik oder Chemie) auf dem Bildschirm zu beobachten. In der Medizin können Diagramme von Messungen an Organen unter der Wirkung von Medikamenten beobachtet werden usw. Auch können Dimensionen variiert werden, so etwa im Sinne der Zeitraffung oder Zeitdehnung, wie wir sie in Wirklichkeit nicht zu erkennen vermögen.

Schließlich kann CAI so verwendet werden, daß der *Computer als Datenbank* für Unterrichtshilfen benützt werden kann, da der Schüler nur einen Bruchteil dessen behalten kann, was er für seine neuen Überlegungen wieder braucht. Er kann also die relevanten Daten abrufen.

CAI wird wie der PU von der Qualität der die Computer fütternden Lehrstoff-Programmierer abhängen. Nicht – oder nur zu einem sehr geringen Teil – die «hardware» der Computer, sondern die «software» (Programmiersprachen) beeinflussen die gute Didaktik; besonders aber die Verwendung einer damit möglichen Lehrstrategie im Sinne dessen, was heute vielfach schon mit «teachware» bezeichnet wird, ist wesentlich: Die hochentwickelten Lehrprogramme, die sich auf die Lernmöglichkeiten und Lernwege der Schüler stützen, machen aus dem CAI erst etwas Wertvolles. Es ist zu hoffen, daß mit dem Einsetzen der CAI-Hilfen viele Fehler, die bei der Einführung des PU gemacht wurden, vermieden werden können.

Wie im PU wird auch beim CAI die Funktion des Lehrers neu umschrieben werden müssen, denn von seinem richtigen Einsatz hängt der CAI-Erfolg ebenso ab wie vom guten Lehrprogramm.

Leider hat sich ergeben, daß wie für den PU-Programmierer auch für den CAI-Programmierer nach relativ kurzer Zeit eine gewisse Monotonie und Programmiermüdigkeit eintritt, die wohl kaum zu vermeiden ist, wenn man bedenkt, daß der Hersteller eines Lehrpro-

gramms ständig schöpferisch tätig sein soll. Dies ist einfach schlechthin unmöglich, weshalb eine gewisse Rotation unumgänglich sein wird, etwa dadurch, daß immer wieder andere interessierte Lehrer Gelegenheit erhalten sollten, solche Programme zu entwickeln. Allerdings besteht dann die Gefahr der Diskontinuität, weshalb es wohl angezeigt erschiene, daß die Programme an einem wissenschaftlichen Institut entwickelt werden sollten, das die Garantie der Kontinuierlichkeit gäbe.

### 3. *Schlußfolgerungen*

Die Entwicklung vom PU zum CAI von heute dauert nun schon über zehn Jahre. Welche Fortschritte bezüglich der Konzeption haben wir gemacht? Anläßlich der DIDACTA 1970 schrieb ich:

«Die ursprüngliche Idee des programmierten Unterrichts stammt von *Skinner*, dessen Erkenntnisse der operanten oder instrumentellen Konditionierung in der Didaktik einen Niederschlag finden sollte. Gewünschtes oder zu erwerbendes Verhalten wird danach bekräftigt, wodurch es verstärkt oder wahrscheinlicher wird. Erfolgt die Bekräftigung nach jeder richtigen Antwort oder nach jedem ‹richtigen› Verhalten, dann wird der Lernprozeß beschleunigt. Partielle Bekräftigung hat den Nachteil, daß der Lernprozeß langsamer vor sich geht, daß die durch Nichtbekräftigung einsetzende Löschung des angeeigneten Verhaltens aber erschwert wird. Mit anderen Worten: Stetige oder dauernde Bekräftigung führt zu einem raschen Lernen, das leichter gelöscht werden kann; partielle Bekräftigung führt zu einem langsameren Lernen, das sich schwerer löschen läßt.

Die von *Skinner* begonnene lineare Programmierung stützt sich auf die dauernde Bekräftigung nach kleinen Lernschritten, was bedingt, daß das Programm vor seinem Einsatz an einer genügend großen Zahl von künftigen Adressaten ausgetestet werden muß, um die Bekräftigung überhaupt gewährleisten zu können, da mindestens 90% der Adressaten mindestens 90% der Fragen richtig beantworten können müssen. Alle Adressaten durchlaufen genau denselben Weg. Dadurch entsteht der Eindruck, daß die ursprünglich manifeste Einstellung des Adressaten von Versuch und Irrtum in eine Einstellung von Lernen am Erfolg übergeführt worden sei.

Anders sieht es beim verzweigten Programmieren aus. Eine kontinuierliche Bekräftigung ist hier ausgeschlossen, denn die vorgegebenen Wahlantworten enthalten notgedrungen auch falsche Aussagen,

die zwar nicht bekräftigt, die aber ausführlich analysiert werden, damit der Fehler erkannt wird. *Crowder*, der als erster mit solchen Mehrfachwahlantworten operierte, bedient sich bei der Begründung seiner Ideen des Modells der psychologischen Hilfe, in dem einer Diagnose die Therapie zu folgen hat.

Damit besteht die Gefahr eines Stehenbleibens in der zeitraubenden Phase der Lernens nach Versuch und Irrtum. Wir wissen aber nicht, ob dahinter vielleicht die These der partiellen Bekräftigung stehen könnte, die den Lernerfolg länger garantiert. Die Adressaten wählen ihren Weg innerhalb der gegebenen Wahlantwort-Alternativen frei. Diese Alternativen bleiben aber aus praktischen Gründen für alle Adressaten auf vier bis fünf beschränkt. Die Herstellung eines verzweigten Programmes ist viel umständlicher als die Herstellung eines linearen Programms.

Sowohl das lineare als auch das verzweigte Programm haben den Nachteil, daß sie in Teilen nicht korrigierbar oder austauschbar sind: Der Inhalt und dessen Präsentation bleiben, ob in Buchform oder in Filmstreifen der Lehrmaschine dargeboten, notwendigerweise, und zwar vorwiegend aus Kostengründen, auf längere Zeit erhalten.

Die eigentliche Konditionierungsthese als Grundlage des CAI kann, im Gegensatz zur linearen Lehrprogrammierung, kaum aufrechterhalten werden. Die dahinterstehenden Lehralgorithmen erinnern viel eher an das sogenannte einsichtige Lernen oder an das Problemlösungsverhalten. Einsichtiges Lernen baut auf dem Erkennen der Zusammenhänge, der Ursachen und Wirkungen eines Geschehens, einer Handlung oder eines Sachverhaltes auf. Einsichtiges Verhalten entspricht einem an die Aufgabe angepaßten Tun und Lassen. Die Tatsache, daß im CAI die Wahlantworten weggelassen werden und daß der Adressat frei auf Fragen und Probleme antworten kann, bedingt tatsächlich eine mehr oder weniger deutliche Anpassung.

Die Strategie des Lehrprogrammierers kann es ja nur sein, diese Anpassung immer wieder zu provozieren. Diese Anpassung ist, wie im üblichen und konventionellen Unterricht, wechselwirkig: Wird vom Adressaten eine ständige Anpassung an neue Situationen verlangt, so muß auch das Lehrprogramm sich ständig dem Verhalten des Adressaten anpassen. Diese letzte Leistung kann ein Lehrprogramm nicht vollbringen, weil im linearen Programm jede Variationsmöglichkeit fehlt und die Adressen alle ein und denselben Weg gehen müssen oder weil durch Vorgeben möglicher Antworten auf eine Frage eine Suggestivwirkung erfolgt, die zwar zu einer Art Anpassung führt, die aber nicht mehr spontan, sondern gelenkt ist.

Das Problemlösungsverhalten wäre eigentlich die Basis des CAI, weil es die Lehralgorithmen-Alternativen abgäbe. Leider ist es heute so, daß wir wenig Angaben zu diesem Thema haben. Vielleicht sind es die Denkstrukturen der kommutativen Gruppe, deren Transformationen den Denkprozeß zu steuern scheinen, wie dies *Jean Piaget* beobachtete. Vielleicht sind es die logischen Hierarchien, wie sie *Horace Rimoldi* einsetzte, die uns für das Verständnis des Problemlösungsverhaltens weiterhelfen?

Zusammenfassend kann man erkennen, daß trotz äußeren Ähnlichkeiten die verhaltenspsychologischen Grundlagen des programmierten Unterrichts und des CAI verschieden sind. Die reine Konditionierungsthese der programmierten Instruktion macht dem einsichtigen Lernen des CAI Platz, und dadurch kommen wir wahrscheinlich dem menschlichen Verhalten näher, obschon die Konditionierung, insbesondere im motorischen Bereich, ihre Bedeutung beibehält.

Die verhaltenspsychologischen Grundlagen des CAI stecken noch in ihren Anfängen. Glaubt man anfänglich, das CAI sei nur eine von den Computer-Firmen angebotene raffinierte Veränderung des programmierten Unterrichts, so zeigt sich heute, daß nachträglich eine Theorie erst aufgebaut werden muß, weil sich die Möglichkeiten des CAI von jenen des programmierten Unterrichts ganz wesentlich unterscheiden. Dabei sind äußere Ähnlichkeiten nicht von der Hand zu weisen.» (*Fischer* 1970.)

Entscheidend für die zukünftige Entwicklung des PU und des CAI ist die sorgfältige Planung der zugehörigen Forschungsprogramme. Wesentlich scheint in diesem Zusammenhang, daß sich die Forschungen mehr als bisher an den zu verwendenden Lehrprogrammen der Schulen orientieren. Die Mehrheit der bisherigen Forschungen beschäftigt sich mit Spezialfragen ohne allzu große Relevanz für den Schulalltag.

Ein anderer Aspekt künftiger Forschungen im Bereich des PU und des CAI wäre die Verknüpfung der Lehr- und Lernprozesse im Sinne ihrer ständigen Wechselwirkung. Da sich der PU und das CAI vorwiegend mit der kognitiven Seite im Lernprozeß beschäftigen, ist gerade dieser Aspekt besonders zu studieren.

Vielleicht haben wir in den letzten zehn Jahren angefangen zu erkennen, welche Rolle der Computer in der Erziehung spielen kann, jedoch ist es leichter, über diese Einsicht zu sprechen als sie zum Funktionieren zu bringen. Noch schwieriger scheint es zu sein, durch Forschungen die Vorteile von PU und CAI zu unterstreichen. Wir müssen wohl in erster Linie an die Computer als Instrumente für die

Entwicklung der Denkprozesse denken. Der Computer kann ein mächtiges Instrument interaktiver Prozesse werden, die von anderen modernen Unterrichtsmedien nicht geleistet werden können.

Die Entwicklung des CAI im letzten Jahrzehnt verdanken wir der Aktivität einzelner Individuen in Laboratorien und ihren schöpferischen Inspirationen, nicht aber einer vollständigen unterrichtstechnologischen Systemanalyse, die mit den Bedürfnissen der Erziehungsinstitutionen konfrontiert worden wäre. Nachdem wir aber heute über ein größeres Maß an Erfahrungen verfügen, sollten wir darauf achten, die zugehörigen Anstrengungen auf einer breiteren Basis zu vereinen.

Literatur:

*Dottrens Robert:* Le progrès à l'école: sélection des élèves ou changement des méthodes? Neuchâtel/Paris 1936

*Fischer Hardi:* Verhaltenspsychologische Grundlagen des computerunterstützten Unterrichts. In: IBM-Bulletin Mai 1970

*Kopstein Felix F. und Seidel Robert J.:* Computer-Administered Instruction versus Traditionally Administered Instruction: Economics. In: Computer Assisted Instruction, edited by Richard C. Atkinson und H. A. Wilson New York/London 1969. S. 327—362

*Zinn Karl:* Programming Conversational Use of Computers for Instruction. In: Computer Assisted Instruction, edited by Richard C. Atkinson und H. A. Wilson New York/London 1969. S. 253—268