

Niederlande

Prof. Dr. Gellof Kanselaar, Unterrichtsministerium

Computer und Lernen: Der Lerner als Subjekt oder Objekt

Der Titel lautet: Computer und Lernen: der Schüler als Subjekt oder Objekt. Das bedeutet, daß ich mehr vom Lerner und vom Lernen, als vom Lehrer und vom Lehren sprechen werde. Meine Perspektive ist die des Lernpsychologen. Aus dieser Perspektive muß das Unterrichten von den Auffassungen über das Lernen abgeleitet werden können. Der Einsatz des Computers im computergestützten Unterricht sollte dabei nicht so sehr die Lernziele, als vielmehr die Lernaktivitäten des Lerners beeinflussen.

Bevor ich näher hierauf eingehe, möchte ich erst darüber nachdenken, was denn nun eigentlich neu ist an der neuen Informationstechnologie und am Computer.

Technologie

Technologie ist so alt wie der Mensch. Der Mensch hat schon immer Werkzeuge geschaffen, um mehr zu können, als normalerweise mit seinen eigenen Gliedern möglich wäre. Er hat die Härte von Materialien wie Stein und Eisen genutzt, um die Zartheit der Haut seiner Hände zu kompensieren, er hat Pfeil und Bogen gefertigt, um Abstände zu überbrücken. Im vorigen Jahrhundert wurde es möglich, Muskelkraft durch Dampfmaschinen zu ersetzen. Mit diesen Maschinen wurden Produktionsprozesse mechanisiert oder Güter und Menschen transportiert. In unserem Jahrhundert haben die Verwendung von Apparaten wie Telefon und Fernsehen vor allem unseren Sinnen neue Möglichkeiten eröffnet.

Die Essenz dieser Technologien ist die Vergrößerung unserer Möglichkeiten in Zeit und/oder Raum. Die Entwicklung dieser Technologien ist ein Prozeß der Externalisation unserer menschlichen Möglichkeiten. Demnach vergrößert der Einsatz von Technologien unsere Handlungsmöglichkeiten und damit auch unsere individuelle Handlungsfreiheit. So besehen ist es als eine positive Entwicklung zu betrachten.

Auf der anderen Seite ist diese Entwicklung jedoch auch negativ. Die Erweiterung der Möglichkeiten des einen Menschen kann zur Einschränkung der Verhaltensmöglichkeiten eines anderen führen. Als Automobilist

bin ich eine Gefahr für den Fußgänger und ich habe Vorfahrt vor ihm, und Technologie in der Form von Atomwaffen kann zur Vernichtung der Menschheit führen.

Die Entwicklung all dieser Technologien hat nur wenig die Art und Weise des Unterrichtens beeinflusst. In den vergangenen Jahrhunderten sind nur die Entwicklung der Buchdruckkunst und des Schreibwerkzeugs für den Unterricht von Bedeutung gewesen.

Wie kommt es dann, daß wir uns im Unterrichtswesen sehr wohl über eine neue Technologie wie den Computer aufregen? Beinahe alle früheren Technologien gingen doch an der Schultür vorbei, warum diese vielleicht nicht? Der Unterschied liegt darin, daß die älteren Technologien eine Erweiterung unserer körperlichen Funktionen darstellten, während der Computer eine Externalisation unseres Denkens ermöglicht. Ein Computer ist ein Apparat, der Symbole und Informationen verarbeitet. Damit greift er in eine der essentiellen Funktionen des Unterrichts ein: nämlich die Übertragung und Verarbeitung von Informationen.

Es ist mir als Entwickler eines Computerprogramms für den Unterricht möglich, mein Denken in einem Computerprogramm wiederzugeben. Dieser in einem Programm festgelegte Denkprozeß kann an einem anderen Platz und zu einer anderen Zeit aktiviert werden, wenn ich mit ganz anderen Dingen beschäftigt bin. Es hat demnach eine Externalisation meines Denkprozesses stattgefunden, welcher außerhalb meiner selbst aktiv sein kann.

Was ist nun der Unterschied zwischen einem Buch und einem Computerprogramm? In einem Buch wird doch auch das Resultat eines Denkprozesses auf symbolischem Niveau wiedergegeben? Der meiner Meinung nach prinzipielle Unterschied liegt darin, daß das Buch nur einen erstarrten Denkprozeß enthält. Der Denkprozeß eines Schriftstellers ist nur durch die Rekonstruktionsarbeit des Lesers zu ermitteln. Das Buch reagiert nicht interaktiv auf diese Rekonstruktionsarbeit. Bei einem Computerprogramm ist jedoch der Denkprozeß des Entwicklers im Programm selbst aktiv. Gute, intelligente Programme können interaktiv auf der Basis eines internen, aktiven Argumentationsprozesses reagieren. Das Programm kann hierbei einen Teil der Steuerung des Unterrichtsprozesses übernehmen. Wenn zum Beispiel ein Computerprogramm über die Grammatikregeln einer Sprache sowie über eine Reihe von Wörtern verfügt, kann es im

Prinzip die syntaktische Richtigkeit eines vom Lerner eingegebenen Satzes beurteilen. Der Programmierer braucht diesen Satz sogar noch nie gehört zu haben. Bei dieser Form der Interaktivität findet kein oberflächliches Matching statt zwischen der wirklichen Lernerreaktion und dem, was der Programmierer als mögliche fehlerhafte Lernerreaktion prognostiziert hat. Dieses Niveau der Interaktivität zwischen Programm und Lerner ist jedoch nicht leicht zu realisieren. Die meisten Computerprogramme für den Unterricht enthalten keine Argumentationsprozesse für ein Lehrstoffgebiet. Sie basieren vielmehr auf einer vorher ausgedachten Präsentationssequenz des Stoffs und auf einem simplen Matchingprozeß, um zu beurteilen, ob eine Lernerreaktion richtig oder falsch ist. Obwohl einfache Lernprogramme ebenso wie ein Buch Lernresultate erzielen können, vermissen ich hierin die Stimulierung des Lernens als eines konstruktiven Prozesses.

Um die Qualität der Interaktion zu vergrößern ist es nötig, daß zwischen dem Lernprozeß, verstanden als konstruktivem Prozeß, dem Lerner und der "Argumentation" des Programms eine gewisse Übereinstimmung besteht. Das Programm muß komplementär zu den Handlungen des Lerners reagieren können.

Aus der Tatsache, daß ich Computerprogramme gerne "menschlicher" sehe als viele traditionelle Computerprogramm-Entwickler, darf man nicht ableiten, daß ich den Menschen als Computer verstehe. Das Gegenteil ist eher der Fall: Je menschlicher der Entwickler den Computer zu machen versucht, desto weniger behandelt er den menschlichen Gebraucher als Computer.

Zusammenfassend: Weil der Computer mit Daten und Regeln arbeiten kann, ist er als kognitiver Apparat zu verstehen. Er ermöglicht eine relativ autonome Steuerung der Unterrichtslernprozesse. Das Computerprogramm enthält dabei keine eigenen Intentionen, wohl aber die Intentionen des abwesenden Programm-Entwicklers. Der Entwickler bestimmt vorher, in welchem Maße die Freiheit des Lerners durch das Programm eingeschränkt wird. Entwickelt er ein Drill-and-Practice-Programm mit einer reinen Programmkontrolle oder ein Programm mit Lernerkontrolle?

Mit dieser Idee der Steuerung von Unterrichtslernprozessen durch ein Computerprogramm sind wir beim Untertitel meines Vortrags angelangt: **Der Lerner als Objekt oder Subjekt.**

Unterrichten und Lernen

Wir werden bei der Behandlung des Steuerungsprinzips (wer bestimmt, welche Aktivitäten der Lerner durchführen muß) erst den Lehrer zur Sprache bringen und danach den Lerner.

Lehrer

Wenn ein Lehrer ein Computerprogramm wählt, ist er für die pädagogisch-didaktischen Auffassungen verantwortlich, die der Programmentwickler in das Programm eingebaut hat. Wegen der gerade erwähnten Steuerungsmöglichkeiten des Unterrichtslernprozesses durch das Computerprogramm delegiert der Lehrer viel von der Verhaltenssteuerung des Lerner an das Programm. Wenn der Lehrer sich einmal für ein Computerprogramm entschieden hat, dann hat er daraufhin im allgemeinen weniger Möglichkeiten, den Lernprozeß zu steuern, als wenn er ein Buch benutzt. Der Dozent kann so das Gefühl haben, in seiner beruflichen Verantwortung erschüttert und von einem Computerprogramm gesteuert zu werden. Dieses Gefühl der Erschütterung der Autonomie des Dozenten folgt aus der Tatsache, daß der Einsatz von Technologien u. a. zu einem anderen Verhältnis zwischen der Vorbereitung und der Durchführung von Aktivitäten führt. Der Einsatz von Technologien führt fast immer dazu, daß Aktivitäten und Verantwortung sich von der Durchführung auf die Vorbereitung verschieben. Dies gilt zum Beispiel für die Anfertigung von Transparenten für den Overheadprojektor bei einem Vortrag. Der Einsatz eines Mediums wie des Overheadprojektors macht es möglich, Schemata zu zeigen, die an einem anderen Ort und zu einer anderen Zeit vorbereitet wurden. Beim Gebrauch von Computerprogrammen im Unterricht wird ein Großteil der Vorbereitung und Durchführung des Unterrichts vom Programm-Entwickler übernommen. Die Hinzuziehung von Lehrern bei der Entwicklung von Programmen löst dieses Problem auf nationalem Niveau nicht wirklich. Es kann unter dem Gesichtspunkt der Einführung von Programmen in den Unterricht nützlich sein, Dozenten am Entwicklungsprozeß zu beteiligen. Dies beseitigt jedoch nicht das Problem, daß der Dozent das Gefühl haben kann, daß er beim Einsatz eines Programms den Lernprozeß nicht mehr im Griff hat.

Zusammenfassend: Die Einführung computergestützten Unterrichts verschiebt zu einem Großteil die durchführenden Aktivitäten des Dozenten auf die Entwicklungsphase des Programms. Der Dozent kann hierin eine Einschränkung seiner Autonomie und Verantwortung sehen. Dem steht gegenüber, daß der Dozent dadurch auch Zeit und Raum hat, der Klasse

weniger Instruktionen zu erteilen und dafür mehr individuelle Begleitung anzubieten. Es zeigt sich, daß diese Rollenänderung des Dozenten beim Einsatz des Computers in der Praxis oft schwer zustande kommt. Inwieweit diese Rollenänderung leichter wird, wenn die Computerprogramme besser werden, läßt sich schwer vorhersagen.

Lerner

Nach diesem kurzen Abriß des Einflusses des Computers auf das Funktionieren des Dozenten sind wir beim Einfluß des Computers auf den Lerner angelangt. Ich finde es auffällig, daß in der Schulwelt mehr über den Einfluß des Computers auf den Lehrer als auf den Lerner gesprochen wird. Das bedeutet, daß wir den Computer eher als Lehr-, denn als Lernmittel sehen. Der endgültige Effekt des Unterrichts wird jedoch durch das bestimmt, was der Lerner tut. Die Art und Weise, ein Computerprogramm den Lernprozeß beeinflusst, hängt stark vom Lernverständnis des Programmentwicklers ab.

Wenn wir jetzt in einem Workshop säßen, würde ich Sie bitten, in zwei oder drei Sätzen aufzuschreiben, was Ihrer Meinung nach Lernen ist. Aus der Tatsache, daß wir etwas täglich tun, leiten wir oft implizit ab, daß wir auch verstehen, wie wir es tun. Das gilt zum Beispiel für Lernen, für Denken, für Sprechen und für Hörverstehen. Finden Sie es nicht merkwürdig, daß Sie wahrscheinlich keinen einzigen Satz, den ich in den letzten zehn Minuten gesprochen habe, wörtlich nachsprechen können, während Sie hoffentlich einige Hauptgedanken meiner Ausführungen in Ihren eigenen Worten wiedergeben können. Welche Aktivitäten verrichten Sie genau beim Zuhören? Sind es dieselben Aktivitäten, die auch beim Lernen eingesetzt werden? Dieses Beispiel zeigt, daß Informationsverarbeitung keine passive, sondern eine aktive Angelegenheit ist.

Im Unterricht wird die Lernaktivität jedoch sehr oft als wörtliche Wiederholung der angebotenen Information aufgefaßt. Lernen ist memorisieren, auswendig lernen, pauken. Die Betonung liegt hier auf der Kenntnis von Tatsachen, und Transfer des Gelernten findet nur in Situationen statt, wo dieses Tatsachenwissen reproduziert werden kann. Der Typ des Computerprogramms, das auf der Basis dieser Lerntheorie entwickelt wird, ist meist "Drill and Practice". Diese Programme können für das Auswendiglernen einfachen Tatsachenwissens oder simpler Prozeduren geeignet

sein. Was die didaktische Verankerung betrifft, stammen sie eher aus der behavioristischen Ära mit ihrer Konditionierungstheorie.

Bevor ich weiter die Beziehung zwischen Lerntheorie und Typ Computerprogramm bespreche, möchte ich Sie erst bitten, folgendes zu tun. Sie sehen auf dem Transparent des Overheadprojektors eine Reihe von Faktoren, welche die Leistungen von Studenten im Unterricht beeinflussen.

Tab. 1:

	Erklärte Varianz von Lernresultaten in Prozent
Qualität des Unterrichts	5-15
Motivation	0
Zeit für Selbststudium	15-25
Vorkenntnisse	30-60
Lernstrategien	10

Aus: Schmidt, H.G. (1987) Tijdschrift voor hoger onderwijs, 5 (3), 112-116

Ich möchte Sie bitten, selbst kurz diese fünf Faktoren ihrer Bedeutung für die Leistung gemäß einzustufen, also von wichtig bis unwichtig. Mit anderen Worten: welcher dieser Faktoren erklärt innerhalb einer Gruppe älterer Studenten die meiste Leistungsvarianz.

Was bei dieser Tabelle auffällt ist, daß die Motivation null Prozent Varianz erklärt. Dies scheint sich im Widerspruch zu der Auffassung vieler Dozenten zu befinden. Ohne auf die statistischen Aspekte dieser Tabelle einzugehen, möchte ich zwei Bemerkungen zur Motivation machen. Die erste lautet, daß dieses Ergebnis zeigt, daß ein Student mit guten Leistungen nicht mehr oder weniger motiviert sein braucht als ein Student mit schlechten Leistungen. Die zweite lautet, daß wir im Unterricht oft dazu neigen, einen Studenten motiviert zu nennen, wenn er mittelmäßige Fähigkeiten

besitzt und dazu bereit ist, mehr desselben zu tun. Dieses "sich Mühe geben" hat zwar mit der Quantität der Lernaktivitäten zu tun, braucht jedoch nicht bedeuten, daß die Qualität der Lernaktivitäten sich verbessert.

Der zweite auffällige Faktor in dieser Tabelle ist die "Vorkenntnis" (prior knowledge). Es ist nämlich der wichtigste der fünf Faktoren. Leistungsunterschiede zwischen Studenten sind offenbar zu einem Großteil aus der unterschiedlichen Vorkenntnis heraus zu erklären. Obwohl Sie vielleicht vorhin Vorkenntnis nicht so hoch eingestuft haben, werden Sie jetzt im Nachhinein diese Schlußfolgerung ziemlich selbstverständlich finden.

Die Bedeutung der Vorkenntnis für das Lernen hat zumindest zwei Konsequenzen. Erstens: wenn wir die Leistungsunterschiede zwischen den Lernern durch Unterschiede in Vorkenntnis nicht immer größer werden lassen wollen, dann muß sich der Unterricht stärker an eben diese unterschiedlichen Vorkenntnisse anschließen. In der Fachliteratur ist das bekannt als Anschluß an die Zone der nächsten Entwicklung. Im Prinzip bietet der Computer die Möglichkeit, stärker zu individualisieren. Bei Computerprogrammen bedeutet das meist eine Individualisierung nach Tempo und nach Anzahl der Wiederholungen. Es bedeutet selten den Anschluß an unterschiedliche Vorkenntnisse. Das ist auch schwierig. Es ist für ein Computerprogramm äußerst schwer, Einsichten in die Kenntnisse des Lerners zu erlangen. Bei der Entwicklung von "Intelligent Tutor Systems" (ITS) stößt man auf dieses Problem bei der Anfertigung eines sogenannten Studentenmodells. In diesem Studentenmodell, welches ein Teil des Computerprogramms ist, versucht man zu verfolgen, was der Student weiß und was er nicht weiß, welche falschen Auffassungen er hat und wie weit er auf dem Weg vom Anfänger zum Experten fortgeschritten ist. Dieses Studentenmodell ist eine Art Simulation des Lernprozesses eines Lerners. Das Programm benutzt dieses Studentenmodell für die Fehlerdiagnose und für die Bestimmung des weiteren Programmablaufs. Es zeigt sich jedoch, daß unsere psychologische Kenntnis des Lernprozesses oft für ein derartiges Studentenmodell nicht ausreicht.

Dies bringt uns zum zweiten Punkt. Vorkenntnis ist so wichtig, weil Lernen verstanden werden kann als die Integration neuer Informationen in eine existierende Kenntnisstruktur. Bei dieser Integration spielt sowohl die Kenntnis von Begriffen als auch die Anwendung von Regeln eine Rolle. Hierfür ein einfaches Beispiel. Wenn ich die Zahlenreihe 1, 3, 5, 7, 9, 11,

13, 15, 17, 19 nenne, dann sind das zehn Zahlen. Trotzdem können Sie diese Reihe sehr leicht behalten, auch wenn ich sie noch um vierzig Zahlen länger gemacht hätte. Sie verfügen über die Begriffe: Reihe ungerader Zahlen, erste Zahl und letzte Zahl. Mit diesen Begriffen als Werkzeug haben Sie die eingekommene Information bearbeitet und mit demselben Werkzeug können Sie diese Reihe auch wieder rekonstruieren.

So verstanden ist Lernen ein interaktiver und konstruktiver Prozeß. Anhand eines Intelligent Tutoring Systems für das Lernen von Englisch als Fremdsprache werde ich versuchen, diese Auffassung über das Lernen zu erläutern.

In einem der Projekte an meinem Institut versuchen wir ein Programm zu entwickeln, das das Lernen von Wörtern in englischen Satzkontexten ermöglicht und bei dem auch produktiver Sprachgebrauch geübt werden kann. Zwei wichtige fachdidaktische Ausgangspunkte bei diesem Programm sind: erstens muß im kommunikativen Fremdsprachenunterricht der produktive Sprachgebrauch so viel wie möglich stimuliert werden; und zweitens muß das Lernen der Bedeutung von Wörtern in der Fremdsprache vor allem durch die Ableitung der Bedeutung aus dem Kontext erfolgen. Das Lesen der Texte eines Englisch-Buchs zeigt jedoch, daß der Kontext vieler neuer Wörter kaum informativ ist. Wir koppeln daher gerade eine Datenbank an das Computerprogramm, worin von 70.000 Wörtern Verwendungsbeispiele aus dem Alltagsenglisch gezeigt werden. Diese Datenbank wurde von anderen gemacht. Wir stützen uns dabei auf Collins Cobuild English Language Dictionary von Sinclair aus Birmingham. In diesem Wörterbuch gibt es neben Kontextsätzen zu jedem Wort eine englische Umschreibung, sowie die grammatischen Kennzeichen und, falls nötig, ein Synonym oder Antonym. Diese verschiedenen Aspekte eines jeden Wortes können vom Programm unabhängig abgerufen werden. Außerdem sind wir dabei, die Aussprache einiger Tausend Wörter an diese Datenbank auf CD-Rom zu koppeln. Sowohl vom Gesichtspunkt des Lernens im Kontext wie auch von dem der Interaktivität aus, haben wir meiner Meinung nach mit diesem Programm eine gute Richtung eingeschlagen. Es ist kein linear gesteuertes Programm, und der Lerner kann, wenn er das für nötig hält, allerlei Informationen zu einem Wort abrufen.

Die Interaktivität im Sinne eines gemeinsamen Konstruktionsprozesses zwischen Programm und Lerner wird weiter dadurch realisiert, daß das Programm über einen Syntaxer oder Parser verfügt. Dadurch kann der

Lerner selbst eine Geschichte schreiben, wobei der Computer sofort meldet, ob ein eingegebener Satz syntaktisch korrekt ist. Auf diese Weise soll der produktive Sprachgebrauch geübt werden. Der Lerner beginnt hier mit einem fast leeren Bildschirm. Gute Lernprogramme bestehen nicht immer aus schönen bunten Bildern, sondern manchmal gerade aus einer schwarzen Scheibe. Unser Programm ermöglicht es durch die Verwendung des Parsers auch, in einem Text zum Beispiel alle Substantive oder Präpositionen wegzulassen. Das Ergänzen dieser fehlenden Wörter im Lückentext (cloze text) ist eine gute Rekonstruktionsübung, wobei vom Kontext Gebrauch gemacht werden muß.

Das hört sich alles wunderbar an, aber ich muß es gleich auch wieder einschränken. Die Entwicklung eines derartigen Programms kostet viel Zeit und Geld. Die Arbeit von Sinclair in Birmingham, der 7 Jahre mit seinem Team an der Entwicklung des Wörterbuchs gearbeitet und dieses Programm mit ermöglicht hat, darf man nicht unterschlagen. Der Parser als Teil des Programms kann fast ausschließlich die syntaktische und kaum die semantische Richtigkeit kontrollieren. Außerdem kann ein solcher Parser nicht mit allen richtigen Sätzen fertig werden. Und das Studentenmodell im Programm ist sehr einfach.

Das Programm geht aber von einigen deutlichen didaktischen Prinzipien des Fremdsprachenerwerbs aus: der Lerner kann im Programm die Initiative ergreifen; das Programm kann einfach an verschiedene Textbücher angepaßt werden, und der Lehrer kann für seine spezifische Situation geeignete Übungen hinzufügen.

Bis jetzt habe ich Lernen auf zweierlei Weise umschrieben: die erste war Lernen als Wiederholen und Memorieren und der zugehörige Programmtyp ein Drill-and-practice; der zweiten Auffassung zufolge war Lernen ein interaktiver und konstruktiver Prozeß, als Programmbeispiel ein intelligentes Tutorial. Außer diesen zwei Programmen möchte ich noch zwei weitere erwähnen.

Die dritte Auffassung versteht Lernen als einen explorativen und entdeckenden Prozeß. Diese Auffassung nimmt Gestalt an in Programmen, die unter den Namen Microworlds und Hypertext oder Hypermedia bekannt sind. Dem Lerner wird hier eine benutzerfreundliche Umgebung angeboten, wo er aufgrund seiner Vorkenntnisse explorieren und zusätzlich Information über Begriffe oder Beziehungen, die er noch nicht kennt, abrufen

kann. Der Computer bietet Informationsquellen und Operationsmöglichkeiten, um eigene Kenntnisse zu erweitern. Der Vorteil bei diesen Programmen ist, daß sie einfacher entwickelt werden können, weil das Programm im Gegensatz zum ITS kein Studentenmodell beinhalten muß. Das Umgehen mit diesen Microworld und Hypermedia Programmen setzt allerdings voraus, daß der Lerner sich eine geistige Vorstellung des künstlichen Raums, in dem er sich bewegt, machen kann. Die große Freiheit auf Seiten des Lerners kann zu Navigationsproblemen führen oder zu einem 'Nicht wissen, was zu tun'. Durch die Entwicklung von graphischen Interfaces, wie bei Apple, wird die Verbreitung dieses Programmtyps in Zukunft wahrscheinlich erheblich zunehmen.

Die vierte und letzte Auffassung des Lernens, die ich behandeln möchte, ist Lernen als ein Rekonstruktionsprozeß, als eine Externalisierung des Denkens. Das Computerprogramm bietet eine leere Struktur, in die der Lerner sein Wissen projizieren kann. Für diesen Typ Computerprogramm ist der Begriff 'Mindtool' im Kommen. Das Computerprogramm bietet ein Instrumentarium, mit dem Kenntnisse organisiert und strukturiert werden können. Ein Beispiel für ein solches Programm ist Semnet. Dieses Programm ermöglicht es, mit den eigenen Kenntnissen ein semantisches Netz zu gestalten. Indem in einem Programm allerhand Begriffe, z. B. zum Thema Umwelt, graphisch miteinander in Zusammenhang gebracht werden, kann die Einsicht in die eigene Kenntnisstruktur erweitert werden. Durch das Explizieren von Wissen kann auch eine Umstrukturierung der kognitiven Struktur entstehen. Diese Mindtool-Programme basieren im Grunde auf dem Gebrauch der eignen (Vor)Kenntnisse, ähnlich wie ein Textverarbeiter beim Schreiben eines Textes. Ein einfaches Beispiel für einen Bildschirm sehen Sie in Abb. 1.

Vielleicht ist es gut, noch einmal kurz zu rekapitulieren.

Erstens habe ich gesagt, daß die Entwicklung der Technologie als ein Prozeß der Externalisation menschlicher Möglichkeiten aufzufassen ist. Ich habe auch gesagt, daß ein Großteil der intellektuellen Aktivität, die für die Ausübung einer Funktion oder eines Berufes notwendig ist, sich durch die Einführung der Technologie auf die Vorbereitungs- oder Entwicklungsphase verlagert. Ich habe dabei ebenfalls erwähnt, daß dies die Handlungsmöglichkeiten derjenigen vergrößert, welche die Technologie beherrschen, aber daß es auch Opfer der Technologie gibt.

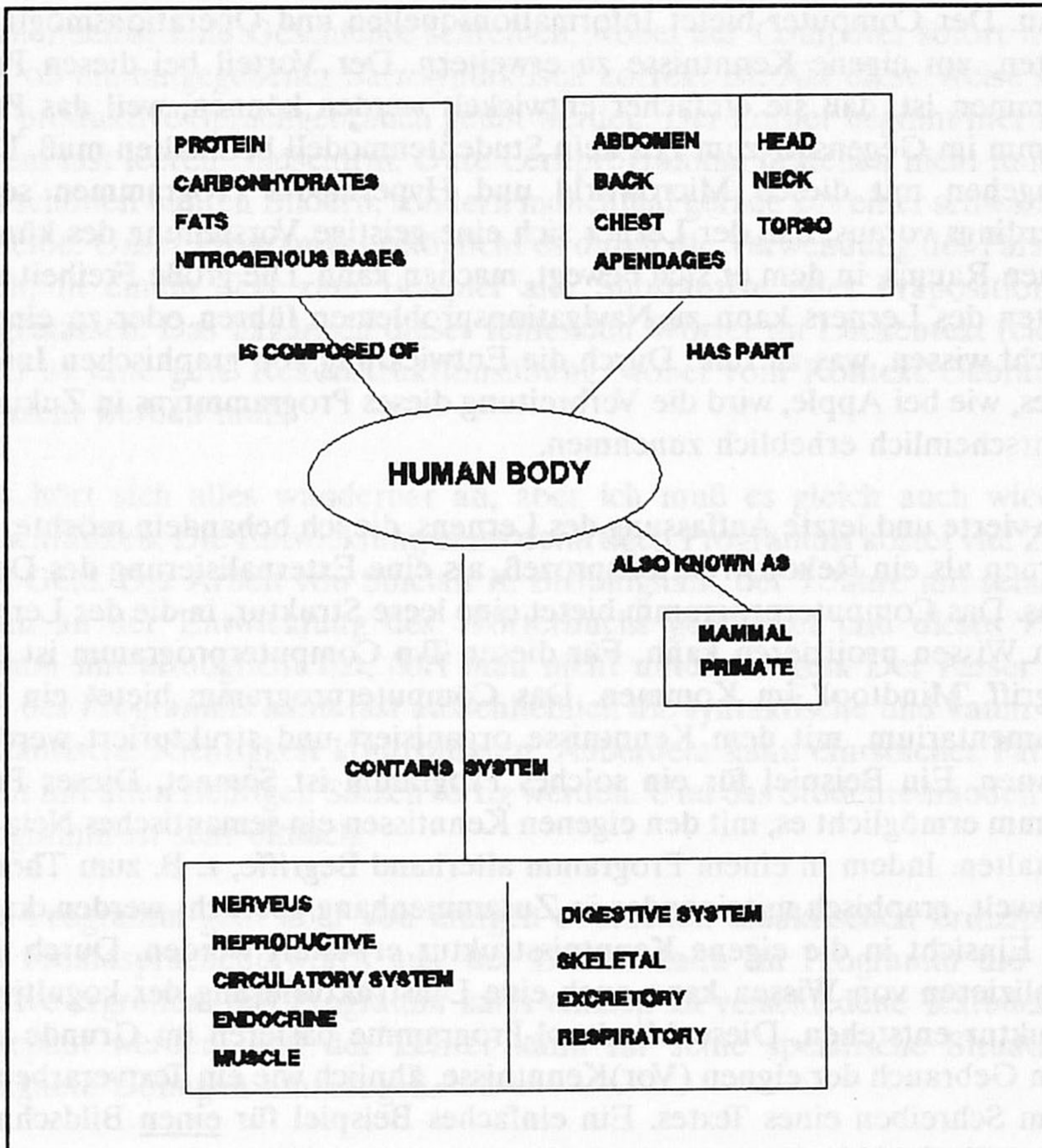


Abb. 1 Beispiel eines Bildschirms des Programms Semnet

In einem zweiten Schritt habe ich diese allgemeinen Aussagen in den Kontext des Lehrens und Lernens gesetzt. Der Computer im Unterricht muß als eine Externalisation der Lehraktivität gesehen werden, als ein Instrument des Lehrers. Das Risiko dabei ist, daß der Computer vor allem als ein Instrument zur direkten Steuerung des Lernprozesses des Lerners verstanden wird. Desjenigen Lerners, der dieser Auffassung der Beziehung zwischen Lehren und Lernen zufolge das Opfer von Drill-and-practice Programmen zu werden droht. Über den Weg von Drill-and-practice Programmen, zu Intelligenten Tutorial Systemen, zu Microworlds, zu Programmen wie Mindtools habe ich angegeben, daß Lernen kein passives Wie-

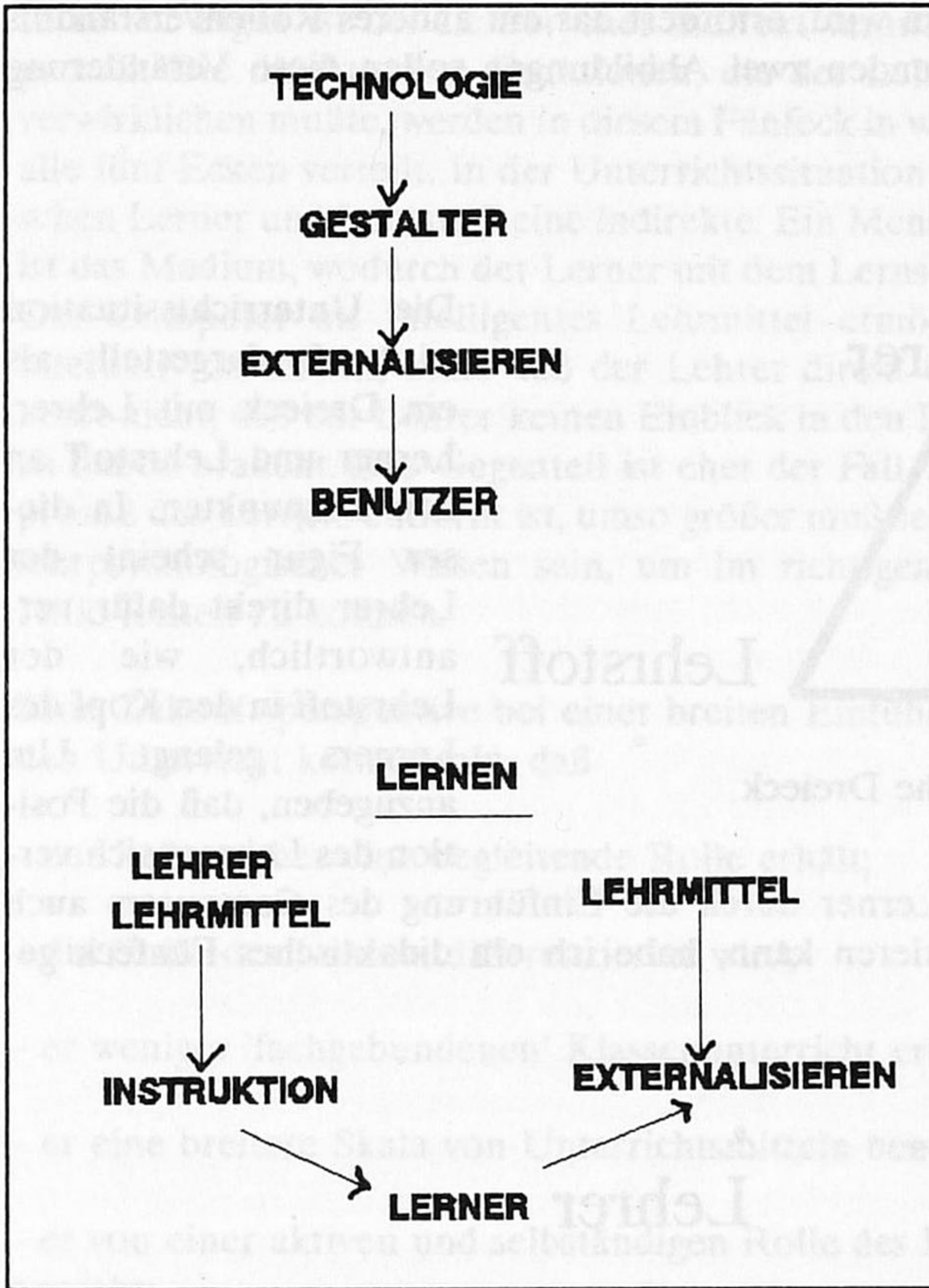


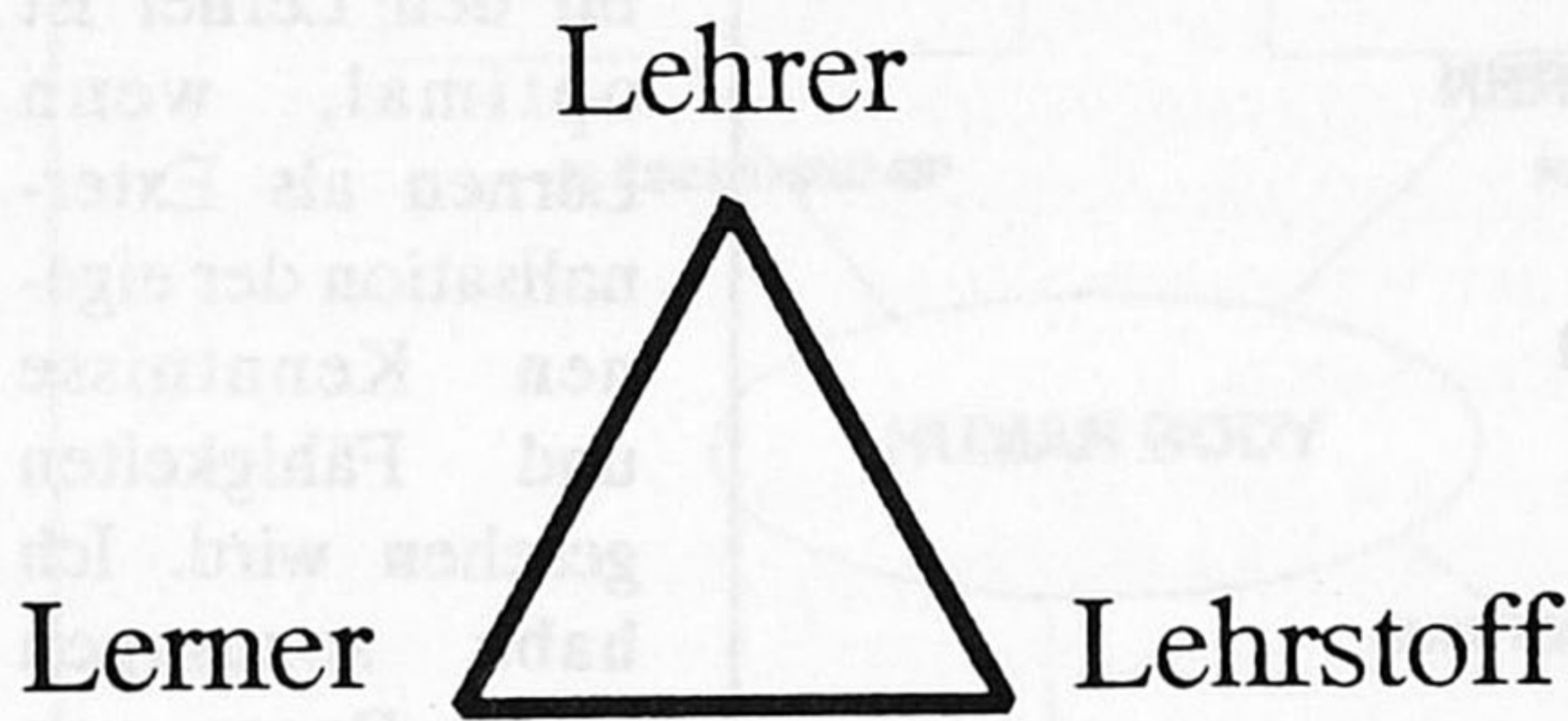
Abb. 2 Technologie und Lernen als Internalisation und Externalisation

derholen, sondern ein aktiver und konstruktiver Prozeß sein sollte. Die Zunahme an Handlungsfreiheit für den Lerner ist optimal, wenn Lernen als Externalisation der eigenen Kenntnisse und Fähigkeiten gesehen wird. Ich habe sozusagen einen Bogen von Lernen als Internalisation nach Lernen als Externalisation geschlagen. Der Computer wird dabei in zunehmendem Maße ein Instrument des Lerners, wobei dieser die Initiative und die Kontrolle über das Programm hat, statt umgekehrt. Der Lerner über-

nimmt immer mehr die Position des inhaltlichen Entwicklers und Gestalters des Computerprogramms.

Ich möchte hier betonen, daß ich nicht der Ansicht bin, daß unter allen Umständen, in jedem Alter und für alle Lerner diese Handlungsfreiheit der kürzeste Weg zu den erwünschten Lernresultaten ist. Dazu ist es notwendig, daß die Anforderungen, die das Programm stellt, ausreichend an die Vorkenntnisse und Fähigkeiten des Lerners anschließen. Daß das nicht einfach ist, habe ich im Zusammenhang mit dem Studentenmodell bei einem ITS angegeben. Wenn der Lerner als der Gestalter seiner eigenen

Lernumgebung gesehen wird, erfordert das ein anderes Rollenverständnis des Lehrers. Die folgenden zwei Abbildungen sollen diese Veränderung erläutern.



Die Unterrichtssituation wird oft dargestellt als ein Dreieck mit Lehrer, Lerner und Lehrstoff an den Eckpunkten. In dieser Figur scheint der Lehrer direkt dafür verantwortlich, wie der Lehrstoff in den Kopf des Lerners gelangt. Um anzugeben, daß die Position des Lehrers sich ver-

Abb. 3 Das didaktische Dreieck

ändert und daß der Lerner durch die Einführung des Computers auch selbständiger funktionieren kann, habe ich ein didaktisches Fünfeck gezeichnet.

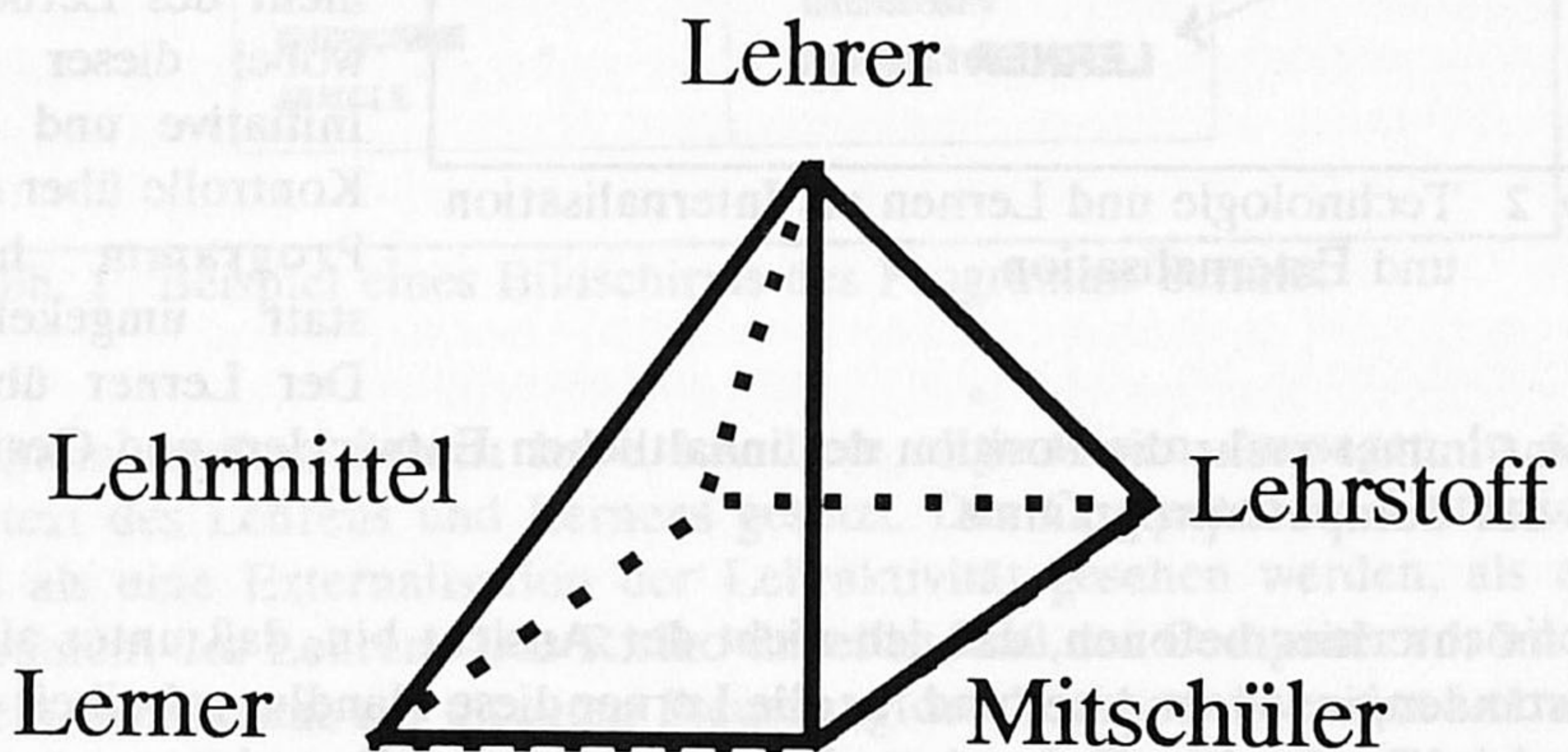


Abb. 4 Das didaktische Fünfeck

In dieser Figur ist der Lehrer eher indirekt verantwortlich für den Lernprozeß. Die didaktischen Funktionen, die der Lehrer im Dreieck alleine verwirklichen mußte, werden in diesem Fünfeck in wechselndem Maße über alle fünf Ecken verteilt. In der Unterrichtssituation ist die Interaktion zwischen Lerner und Lernstoff eine indirekte. Ein Mensch oder ein Lehrmittel ist das Medium, wodurch der Lerner mit dem Lernstoff in Kontakt kommt. Der Computer als intelligentes Lehrmittel ermöglicht es dem Lerner, interaktiv zu lernen, ohne daß der Lehrer direkt daran beteiligt ist. Das heißt nicht, daß der Lehrer keinen Einblick in den Lernprozeß des Lerners zu haben braucht. Das Gegenteil ist eher der Fall. Je weiter er vom Lernprozeß des Lerners entfernt ist, umso größer muß sein fachdidaktisches und lehrpsychologisches Wissen sein, um im richtigen Moment die richtige Hilfe leisten zu können.

Eine Zukunftsperspektive bei einer breiten Einführung des Computers in den Unterricht könnte sein, daß

- der Lehrer eher eine begleitende Rolle erhält;
- die Rolle des Lehrers differenzierter wird;
- er weniger 'fachgebundenen' Klassenunterricht erteilt;
- er eine breitere Skala von Unterrichtsmitteln benutzt;
- er von einer aktiven und selbständigen Rolle des Lerners im Lernprozeß ausgeht;
- er mehr mit wechselnden Gruppen und individuellen Lernern arbeitet.

In der Situation, in der nur mit schriftlichem Material gearbeitet wird, erscheint es oft als schwierig, im Unterricht zu individualisieren oder mit kleinen Gruppen zu arbeiten. Es ist auffallend, daß bei der Einführung des Computers auch in zunehmendem Maße kooperatives Lernen eingeführt wird. Es besteht der Eindruck, daß die Zusammenarbeit zwischen Lernern beim Gebrauch des Computers oft positive Effekte hat. Anscheinend ist die Aufgabenorientierung der Lerner größer, wenn sie zusammen am Computer arbeiten, als wenn sie mit Papier und Stift zusammenarbeiten.

Computer managed instruction (CMI)

Mit der zunehmenden Individualisierung im Unterricht entsteht das Bedürfnis, die individuellen Fortschritte eines Lerners zu registrieren. In den Niederlanden finden dabei die sogenannten Lernerüberwachungssysteme viel Beachtung. Derartige Systeme sollten unter anderem eine Vielzahl verfeinerter Tests umfassen. Für jeden Lerner kann dann ermittelt werden, welchen Stoff er beherrscht und welche folgenden Aufgaben das System empfiehlt. Außerdem können mit derartigen Systemen die Leistungen des Lerners mit anderen Lernern im regionalen Bereich verglichen werden. Mit anderen Worten, ein Lehrer kann überprüfen, wie die Leistungen seiner Lerner sind im Vergleich zu Lernern in anderen Klassen. Die Erfahrungen mit derartigen Systemen sind nicht ausschließlich positiv. Erstens ist das statistische Wissen, das für das Verständnis der Ermittlungsverfahren erforderlich ist, diffizil. Zweitens liefern derartige Systeme meistens mehr Informationen, als der Lehrer innerhalb der verfügbaren Zeit verarbeiten kann. Für gefährlicher aber halte ich das Risiko, daß sich an der Schule eine Meßwut entwickeln wird, bei der kurzfristige Ziele, nämlich gute Leistungen bei individuellen Tests, vorherrschen werden. Dieses Risiko ist dem Gebrauch des Computers bei Tests nicht unbedingt inhärent. Es ist möglich, diagnostische Tests einzusetzen und die Leistungsmessung in den Dienst der individuellen Begleitung des einzelnen Lerners zu stellen. Wenn aber die Einführung von Lernerüberwachungssystemen (OCMI) nicht deutlich vom Lernen als einem konstruktiven Prozeß ausgeht, dann ist die Gefahr groß, daß das Memorieren und Lernen von Fakten zu stark betont wird. Nicht die Erweiterung der Lernmöglichkeiten des Lerners, sondern die Vergrößerung der Effizienz des Unterrichts steuern dann die Einführung von Computern in den Unterricht. Dann besteht die Gefahr, daß gerade die schwächeren Lerner die Leidtragenden sind.

Lerneffekte

Nachdem ich im vorangehenden die verschiedenen Formen von computergestütztem Unterricht besprochen habe, möchte ich noch kurz auf die Lerneffekte beim Gebrauch des Computers eingehen. Die folgende Tabelle zeigt die Lerneffekte einer Übersichtsstudie von Kulik, Kulik und Schwalb aus dem Jahr 1986.

Tabelle 2: Lerneffekte bei 63 Studien des computergestützten Unterrichts

	CAI	CEI	CMI
Grundschule	.47	-	.07
weiterführende Schulen	.36	.07	.40
Universität	.26	.23	.35
Erwachsenenbildung	.29	.72	1.13

CAI: computer assisted instruction (drill-and-practice, tutorials)

CEI: computer enriched instruction (simulation, discovery worlds)

CMI: computer managed instruction (evaluation, assessment)

Eine höhere Zahl bedeutet, daß der Lerneffekt größer ist.

In dieser Tabelle zeigen sich drei Trends.

1. Die Effekte von stärker gesteuerten Instruktionsformen sind größer bei jüngeren Lernern.
2. Die Effekte eines mehr explorativen Lernens sind am größten bei älteren.
3. Wenn die Verantwortung für den eigenen Lernprozeß größer ist, ist auch der Effekt von CMI größer.

Diese Daten stammen aus einer Meta-Analyse von 63 Studien nach den Effekten von computergestütztem Unterricht zu Anfang der 80er Jahre. Es ist auffallend, daß für die Grundschulen keine Studien vorlagen mit explorativen Formen von computergestütztem Unterricht. Dafür können wahrscheinlich mehrere Ursachen angegeben werden. Eine Ursache liegt darin, daß diese explorativen Programme leistungsstarke Computer

brauchen, die in den Grundschulen nicht vorhanden waren. Eine zweite Ursache könnte sein, daß beim Erwerb der sogenannten Basisfertigkeiten in der Grundschule das Lernen vor allem als eine Drill-and-practice-Aktivität aufgefaßt wird. Glücklicherweise gibt es heute auch Programme, die sogar das Multiplizierenlernen in einer explorativen Umgebung ermöglichen.

Die positiven Lerneffekte beziehen sich meist auf eine Verkürzung der Lernzeit und seltener auf eine qualitative Verbesserung der Beherrschung des Stoffs. Ich hoffe, daß Programme, bei denen Lernen als ein konstruktiver Prozeß stimuliert wird, gerade auch zu einer qualitativen Verbesserung der Lernaktivitäten führen werden.

Klassengröße

Abschließend dann noch einige Bemerkungen zu zwei Punkten:

Der erste betrifft die Kosten für die Einführung von Computern in den Unterricht. Der niederländische Kultusminister steht der Einführung von Computern in den Unterricht positiv gegenüber, weil er meint, daß das kostensparend sei. Persönlich glaube ich allerdings, daß es den Unterricht teurer machen wird. Schnelleres Lernen bedeutet nicht automatisch auch eine kürzere Kursdauer, sondern es kann auch eine Ausbreitung des Curriculums zur Folge haben. Die Entwicklung von Software ist teuer. Die Entwicklungen in der Hardware machen eine relativ schnelle Abschreibung der Computer notwendig. Aber ein für Sie vielleicht unerwarteter Aspekt meiner Voraussage ist, daß ich meine, daß durch die Einführung von Computern die Gruppen im Unterricht kleiner werden. Beim Klassenunterricht macht es für die Lernleistungen der Lerner nichts aus, ob sie in einer Klasse von zwanzig oder vierzig Lernern sitzen. Wenn die Einführung des Computers jedoch zu einer größeren Individualisierung führt, dann wird die Frage nach individueller Begleitung zunehmen, und das kann seinerseits dazu führen, daß politisch Druck ausgeübt wird: weniger Lerner pro Begleiter.

Übernahme

Der letzte Punkt betrifft die Übernahme.

Ich behaupte, daß im Schulunterricht die Übernahme technischer Erneuerungen über das Wohnzimmer verläuft. Als Beispiele dafür erwähne ich die

Einführung des Kugelschreibers und des Videorecorders in der Schule. Erst nachdem diese Geräte zuhause benutzt wurden, wurden sie auch in den Schulen häufiger benutzt. Für den Computer gilt meines Erachtens ebenfalls, daß Lerner zuhause mehr Zeit vor dem Computer verbringen, als in der Schule. Sobald es genügend gute Computerlernprogramme für den Unterricht gibt, werden wahrscheinlich die wohlhabenderen und besser ausgebildeten Eltern diese Lernprogramme für ihre Kinder anschaffen. Das kann zu einer zunehmenden Ungleichheit zwischen Lernern führen.

Wann wird es genügend gute Software für Unterrichts Anwendungen geben, und wann wird das die Organisation der Schulen beeinflussen? Ich schätze, daß das noch etwa zehn Jahre dauern wird. Technologische Entwicklungen, die es möglich machen, Text, Bild und Ton interaktiv zu lesen und zu schreiben mit neuen Medien wie dem CD-Rom, sind meines Erachtens notwendig für die Gestaltung einer interessanten Lernumgebung. Mit diesen Medien ist es möglich, unsere textuell orientierte Schulkultur so zu bereichern, daß die außerschulische Wirklichkeit wieder etwas mehr innerhalb der Schulmauern erlebt werden kann.

Denn die Schule bleibt ein Institut, in welches wir Kinder hereinholen, damit sie etwas lernen über das, was sich außerhalb der Schulmauern abspielt. Es bleibt eine künstliche Welt, egal welche sagenhafte Medien wir dabei einsetzen.

Netherlands

Computer and Learning: The Learner as Subject or Object

Prof. Dr. Gellof Kanselaar, Department of Education

The title is Computer and Learning: THE PUPIL AS SUBJECT OR OBJECT. This means that I will be talking more about the learner and learning than about the teacher and teaching. My perspective is that of the educational psychologist. Seen from this perspective, education must be derived from the views of learning. The use of the computer in computer--

based education should not influence the learning goals as much as it should the learning-related activities of the learner.

Before I deal with it in depth I would like to reflect on what is actually new about the information technology and the computer.

Technology

Technology is as old as mankind. Man has always created tools to be able to do more than he would be able to do with his own limbs. He has put the hardness of materials like stone and iron to good use, to compensate for the tenderness of the skin of his hand, he has manufactured and bow and arrow to overcome distance. In the past century it became possible to mechanize production processes or to transport goods and people. In our century the use of devices like the telephone and TV has given our senses new opportunities.

In essence, these technologies have increased our possibilities in terms of time and space. The development of these technologies is a process of externalizing our human possibilities and thus also our individual freedom of action. Viewed in this light, it is a positive development.

On the other hand, this development is a negative one too. The expansion of possibilities for one man can limit the actions of another. As a motorist I pose a risk to pedestrians, and it is me who has the right of way, and technology in the form of nuclear weapons can lead to the destruction of mankind.

The development of all these technologies has influenced the manner of learning only little. In the past centuries only the development of printing and of the writing tools for classroom instruction have been of importance.

How do we who are involved in education come to get excited about a new technology like the computer? Almost all of these early technologies have gone past the school door, so why mightn't this one? The difference lies in the fact that the older technologies constitute an extension of our physical functions, whereas the computer enables us to externalize our thinking. A computer is a device which processes symbols and information. It thus

interferes with one of the essential functions of teaching: the transfer and processing of information.

As a designer of educational software I am able to express my thoughts by way of a computer program. The thinking process installed in a program can be activated in another place and another time, when I am doing completely different things. Thus an externalization of my thinking process has taken place, my thinking can become active outside of me.

What is the difference between a book and a computer program? Doesn't a book also express the result of a thinking process symbolically? The principle difference in my opinion lies in the fact that the book contains a frozen thinking process. A writer's thinking process can only be determined by a deductive effort on the part of the reader. The book however does not respond interactively to this deductive effort. A computer program, however, makes the designer's thinking process active in the program itself. Good, intelligent programs can react interactively on the basis of an internal, active process of argumentation, with the program performing part of the control of the educational process. If a computer program incorporates the rules of grammar of a language as well as a number of words, it can basically assess a sentence entered in the computer by the learner for the correctness of its syntax. And the programmer need not even have heard the sentence before. This type of interaction rules out any superficial matching between the actual reaction by the learner and the learner's potentially false reaction as predicted by the programmer. This level of interactivity between the program and the learner, however, is difficult to realize. Most educational software programs don't include argumentation processes for a given subject of instruction. Rather they are based on a preconceived presentational sequence of the subject matter and on a simple matching process to judge if a learner's reaction is right or wrong. Although simple learning programs as well as books can achieve learning results, what I feel is missing here is the stimulation of learning as a constructive process.

In order to increase the quality of interaction, it is necessary to have a certain extent of agreement between the learner and the program's "argumentation" as far as the learning process defined as a constructive process is concerned. The program in its responses must be able to supplement the teacher's actions.

The fact that I consider computer programs in quotes "more human" than traditional courseware designers do, does not mean that I regard man as a computer. On the contrary: the more human a designer tries to make the computer, the less he treats the human user as a computer.

Summary: as the computer is able to work with data and rules, it can be considered a cognitive apparatus. It makes it possible to control educational processes relatively autonomously. The computer program does not contain any intentions of its own, only those of the absent program designer. The designer determines beforehand the degree to which the learner's freedom is limited by the program. Shall he develop a drill and practice program controlled exclusively by the program, or shall he design a program which the learner is able to control?

This idea of controlling teaching processes by a computer program has taken us to the subtitle of my lecture: the learner as object or subject.

Teaching and learning

In dealing with the principle of control (who is to determine the activities which the learner must carry out) we first have to address the teacher then the learner.

Teacher

If a teacher chooses a computer program he will be responsible for the educational-didactic views the program designer has incorporated into the program. Due to the above mentioned possibilities of controlling the instructional process via a computer program, the teacher delegates much of the control of the learner's activities to the program. If the teacher has opted for a certain computer program, he will generally have fewer possibilities of controlling the learning process than by using a book. This might give the teacher a sense of being challenged in his or her professional competence and being placed under computer control. This feeling of shaken autonomy on the part of the teacher is based on the fact that the application of technologies among other things leads to a different relationship between the preparation and execution of activities. The use of

technologies almost invariably leads to a shift in activities and responsibilities from implementation towards preparation. This holds true for the production of transparencies for use in an overhead projector during a presentation. Using a medium like an overhead projector makes it possible to show diagrams that were prepared in another place and another time. When using educational software in classroom instruction, the bulk of the preparation and implementation of instruction is performed by the program designer. Referring to the services of teachers when designing a program does not really resolve this problem on a national level. With a view to introducing programs to classroom instruction, it may under certain circumstances be beneficial to involve teachers in the design process, which however does not eliminate the problem of the teacher getting the feeling of losing control of the learning process when a computer program is used.

Summary: The introduction of computer-based education largely shifts the implementary activities of the teacher to the design phase of the program. The teacher may view this as a restriction of his autonomy and responsibility. On the other hand, the teacher has the time and space to cut down on the number of instructions he has to give to his class in favour of a more individualized kind of support. It has turned out that this change in the teacher's role when using a computer is difficult to achieve in real situations. The extent to which this role change can be facilitated as computer programs improve is hard to predict.

Learner

After outlining the influence of the computer on the functioning of the teacher, we have come to the computer's influence on the learner. It strikes me that in the world of education the discussion centers on the computer's influence on the teacher rather than on the learner. This means that we look at the computer more as a teaching tool than as a learning tool. The ultimate effect of instruction, however, is on the learner's actions. The way a computer program influences the learning process depends substantially on how the learning process is regarded by the program designer.

If we were sitting in a workshop right now, I would ask you to write down in one or two sentences what you understand by learning. By doing something every day we imply that we also understand how we do it. This applies for instance to learning, thinking, speaking and comprehension by

listening. Don't you think it is strange that you probably won't be able to literally repeat one sentence of what I have been saying for the past ten minutes, whereas you will hopefully be able to express a few of the main ideas of my presentation in your own words? What activities do you carry out when listening? Are these activities and those of learning the same? This example shows that information processing is not something passive but active.

In classroom instruction, however, the activity of learning is often taken as the literal repetition of information. Learning is memorizing, learning by heart, swotting. The emphasis is on factual knowledge, and the transfer of things learnt occurs only in situations where this factual knowledge can be reproduced. Most often the type of program designed under this theory of learning fits the "drill and practice" category. These programs can be suitable for memorizing simple factual knowledge or easy procedures. As far as their didactic roots are concerned, they are anchored in the behaviouristic era and its conditioning theory.

Before I continue speaking about the relationship between the learning theory and the type of computer program, I would like you to do the following. The overhead projector shows a transparency that lists a number of factors influencing the performance of pupils in classroom instruction.

Table 1:

	Variable learning results by percentage points
Quality of instruction	5-15
Motivation	0
Time for self-study	15-25
Prior knowledge	30-60
Learning strategies	10

From Schmidt, H.G. (1987) *Tijdschrift voor hoger onderwijs*, 5 (3), 112-116.

I ask you to assess these five factors in terms of their performance-related importance, i.e. to rate them from important to unimportant. In other words: which of these factors account for the greatest variance in performance as measured in a group of older students.

The striking feature in this table is the 0 % rating for motivation, which seems to contradict the views of many teachers. Without dealing with the statistical aspects of this table I would like to make two remarks about motivation. The first one is that a high achiever student need not be better or less motivated than a non-achiever student. The second is that in classroom instruction we tend to consider a student motivated if he has mediocre abilities and is willing to do more. This "making an effort" has to do with the quantity of the learning activities, but need not mean that the quality of the learning activities improves.

The second remarkable factor in this table is "prior knowledge". It really is the most important of all five factors. Obviously, differences in the performance among students can largely be explained by diverging levels of prior knowledge. Even though you may not have placed prior knowledge that high, you will now take this conclusion for granted.

The importance of prior knowledge has at least two consequences. Firstly: if we intend to prevent the differences in learner-performance as caused by different levels of prior knowledge from increasing continuously, the teaching has to be better adapted to these varying degrees of prior knowledge. The relevant literature calls this aspect the connection to the zone of proximal development. The computer basically offers the possibility of a more individualized approach. For computer programs this means most often an equalization of speed and of the number of repetitions. It rarely means connecting different levels of prior knowledge, which is also a difficult thing to do. It is very difficult for a computer program to find out about the learner's level of knowledge. In the design of Intelligent Tutor Systems (ITS) one encounters this problem when establishing a so-called student model. In this student model, which is part of the computer program, one tries to determine what the student knows and what he does not know, what his misconceptions are and how far he has come on his way from a beginner to an expert. This student model is a type of simulation of a learner's learning process. The program uses this student model for error diagnosis and for the determination of the additional program. It becomes

clear, however, that our psychological knowledge of the learning process is not sufficient for such a student model.

This takes us to the second point. Prior knowledge is so important, because learning can be considered the integration of new information into an existing structure of knowledge. In this integration, the knowledge of terms as well as the application of rules play a part. If I mention the numbers 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, we have 10 numbers. Still you can easily remember this arithmetic progression, even if I had added 40 numbers, because you know the following terms: progression of odd numbers, first number and second number. Having these terms as a tool, you have processed the incoming information, and equipped with this tool, you will also be able to reconstruct this sequence.

By this definition, learning is an interactive and constructive process. By means of an Intelligent Tutoring System for learning English as a foreign language I will try to explain this view of learning.

In one of the projects which we pursue at my institute we attempt to design a program that enables the learner to learn words in the context of an English sentence, whereby a language can be practiced in a productive manner. There are two important didactic points of departure in this program: firstly, the productive use of language in a communicative foreign language course must be stimulated as often as possible; and secondly, the meaning of foreign words must be learnt by context-based deduction. However, it is apparent from reading an English book that the context of many new words is hardly informative. We are therefore linking a database to the computer program showing 70,000 words from everyday English. This database was produced by others. We refer to the Collins Cobuild English Language Dictionary by Sinclair, Birmingham. This dictionary contains context-based sentences and provides an English paraphrase for each term along with notes on grammar and, if necessary, synonyms and antonyms. The various aspects of a word can be retrieved program-independently. Furthermore, we are in the process of linking to this database on a CD Rom the pronunciation of a few thousand words. Both from the viewpoint of context-related learning but also from the perspective of interactivity, we have, I believe, pursued the right course. It is not a linear program, and the learner may, if he considers it necessary, call a great deal of information about a given term.

The interactivity in the form of a joint process of production between the program and the learner is further enhanced by the fact that the program is equipped with a syntaxer or parser. It enables the learner to write a story of his own, with the computer immediately reporting if a sentence entered by the learner has the correct syntax. In this manner the productive use of language can be practiced. The learner starts with an almost empty screen. Good educational software does not always have beautiful and colourful pictures, sometimes the screen is plain black. Our program enables the user by means of the parser to omit all nouns or prepositions in a text. Completing the blanks ("close text") is a good exercise requiring the user to consider the context.

This sounds all very wonderful, but I have to make one reservation. Designing such a program is time-consuming and costly and one must not fail to mention the work performed by Mr Sinclair from Birmingham, who spent seven years designing the dictionary with his team and who made the program possible. The parser as part of the program is more or less only able to control the syntax but not the semantics. Moreover, such a parser cannot cope with all the correct sentences, and the program's student model is very simple.

However, the program is based on a few significant didactic principles of foreign language learning: in the program the learner may take the initiative; the program can easily be adapted to the methods presented in various textbooks, and the teacher can add exercises that fit specific situations.

So far, I have defined learning in two ways: the first one was learning as repeating and memorizing, with "drill and practice" as the pertaining program type; the second definition saw learning as an interactive and productive process, illustrated by an intelligent tutorial. Besides these two programs I would like to mention two others.

The third approach sees learning as exploration and discovery. This view is taking shape in programs known as Microworlds, Hypertext or Hypermedia. The learner is provided with a user-friendly environment that allows him to explore the subject based on his prior knowledge and to call information about terms or relations he does not yet know. The computer offers sources of information and possibilities of operation for the expansion of one's own knowledge. These programs have the advantage that they can be

designed more easily, because unlike the ITS they don't require a student model. Dealing with microworld and hypermedia programs, however, presupposes that the learner is able to develop an idea of the artificial space in which is moves. The great amount of freedom for the learner may lead to navigation problems or to a "don't know what to do" situation. The development of graphic interfaces as with Apple will probably promote the distribution of this type of program.

The fourth and last view of learning, which I would like to deal with, concerns learning understood as a process of reconstruction, as externalized thinking. The computer program offers an empty structure into which the learner can project his knowledge. For this program type the term Mind-tool is emerging. The computer program offers a mechanism for organizing and structuring knowledge. One of these programs is the Semnet program. This program enables the user to develop a semantic network from his own knowledge. By graphically correlating a great number of terms, e.g. on ecology, the student can expand his insights in his own knowledge structure. The expression of knowledge can lead to a change in the cognitive structure. These mindtool programs are based on the use of one's own prior knowledge similar to someone who writes a text on a word processing program. Fig. 1 {see german text} shows a simple example .

Maybe it is worthwhile recapitulating everything briefly.

I first said that the development of technology has to be viewed as a process of externalizing human potential. I also said that a major part of the intellectual activities required in the performance of a function or occupation due to the introduction of technology is shifted to the stage of preparation and development. I also mentioned that this gives more freedom of action to those who master the technology, but that the technogy also claims its victims. In a second step I have placed this general statement in the context of teaching and learning. In education the computer must be seen as an externalization of the teaching activity, as a teacher's tool. The risk here lies in the fact that the computer can be regarded as an instrument for the direct control of the learner's learning process, and such a learner will fall victim to drill and practice programs which incorporate this view of teaching-learning. Via drill and practice programs, intelligent tutorial systems, microworlds and mindtool programs I have explained that learning need not be passive and repetitive, but can be an active and productive process. The learner's flexibility is increased at optimum if

learning is seen as the externalization of one's own knowledge and skills. I so-to-speak have spanned learning as internalization and learning as externalization. The computer will increasingly become the instrument of the learner, giving him program initiative and control, rather than the other way round. The learner increasingly assumes the role of the designer of the computer program's content and structure.

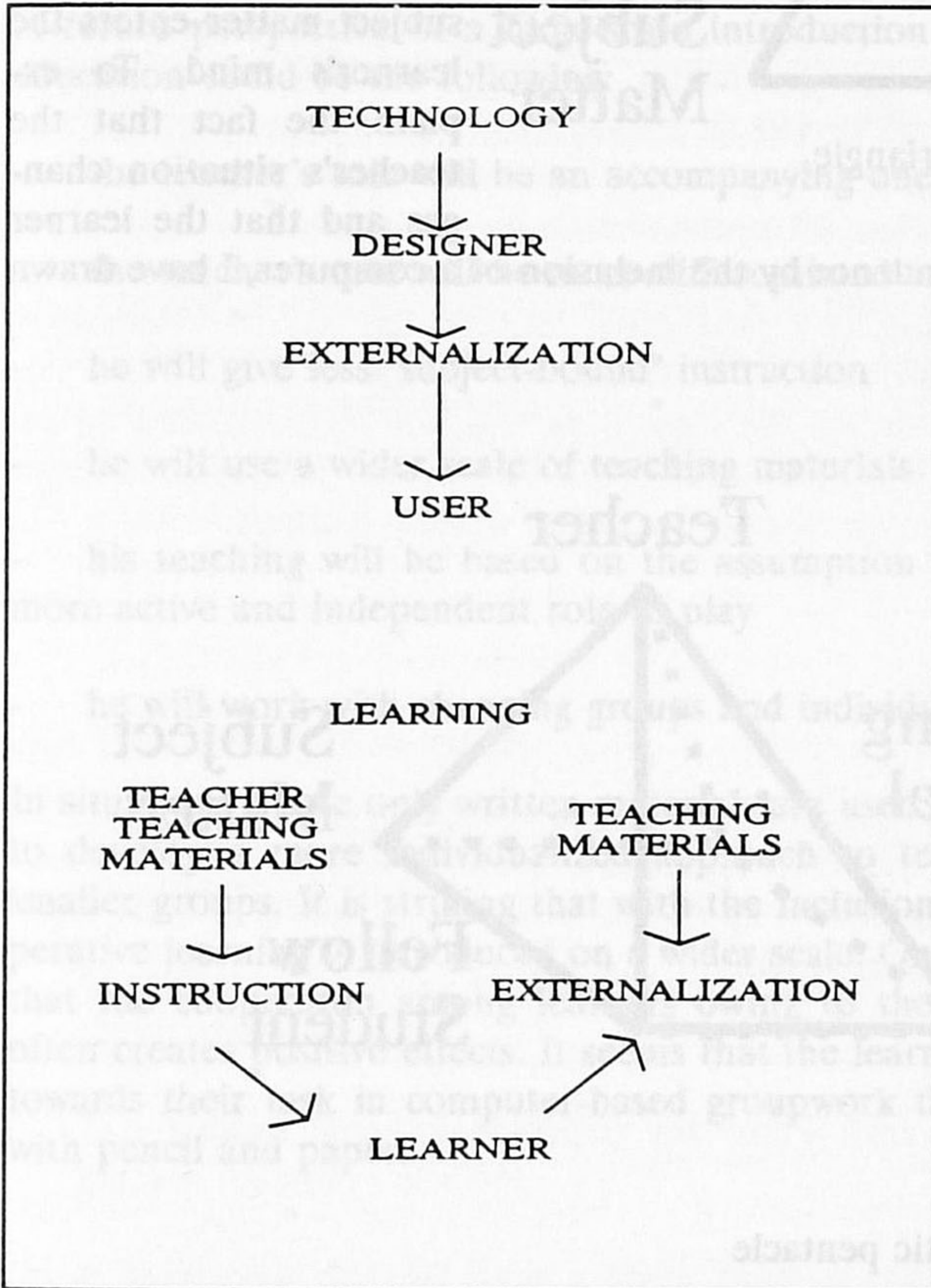


Fig. 2 Technology and learning as internalization and externalization

learning environment, the teacher must look at his role in a different light.

I would like to stress here that I don't hold the view that this freedom of action is by all means and for all learners at every age always the shortest route to a successful achievement of learning results. It is therefore necessary to connect the program's requirements adequately to the learner's prior level of knowledge. I have shown how difficult this is by means of an ITS student model. If the learner is viewed as the designer of his own

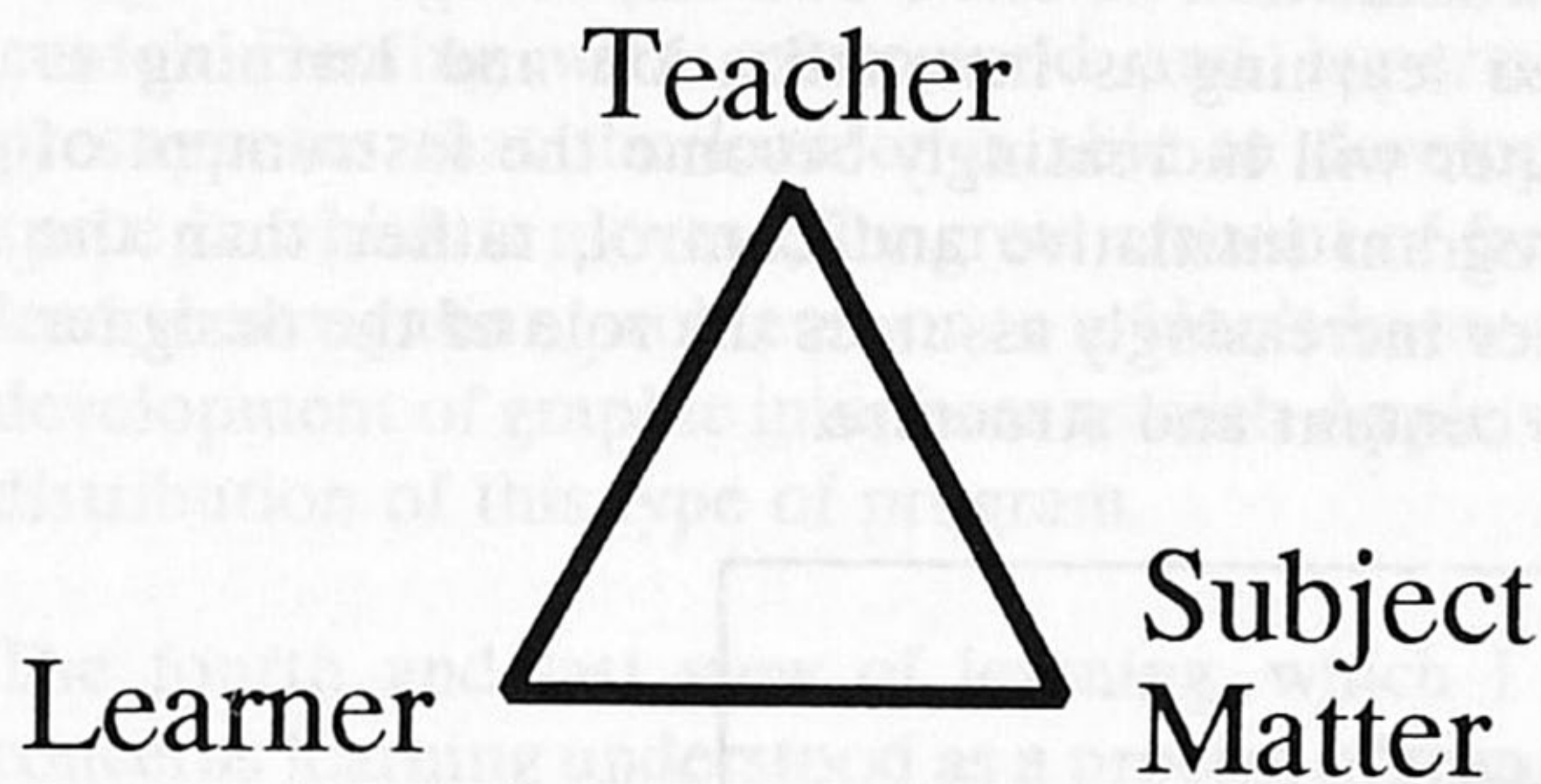


Fig. 3: The didactic triangle

The classroom situation is expressed by a triangle of teacher, learner and subject matter. In this figure the teacher seems to be in charge of the method by which the subject matter enters the learner's mind. To explain the fact that the teacher's situation changes and that the learner

may gain more independence by the inclusion of a computer, I have drawn a didactic pentacle.

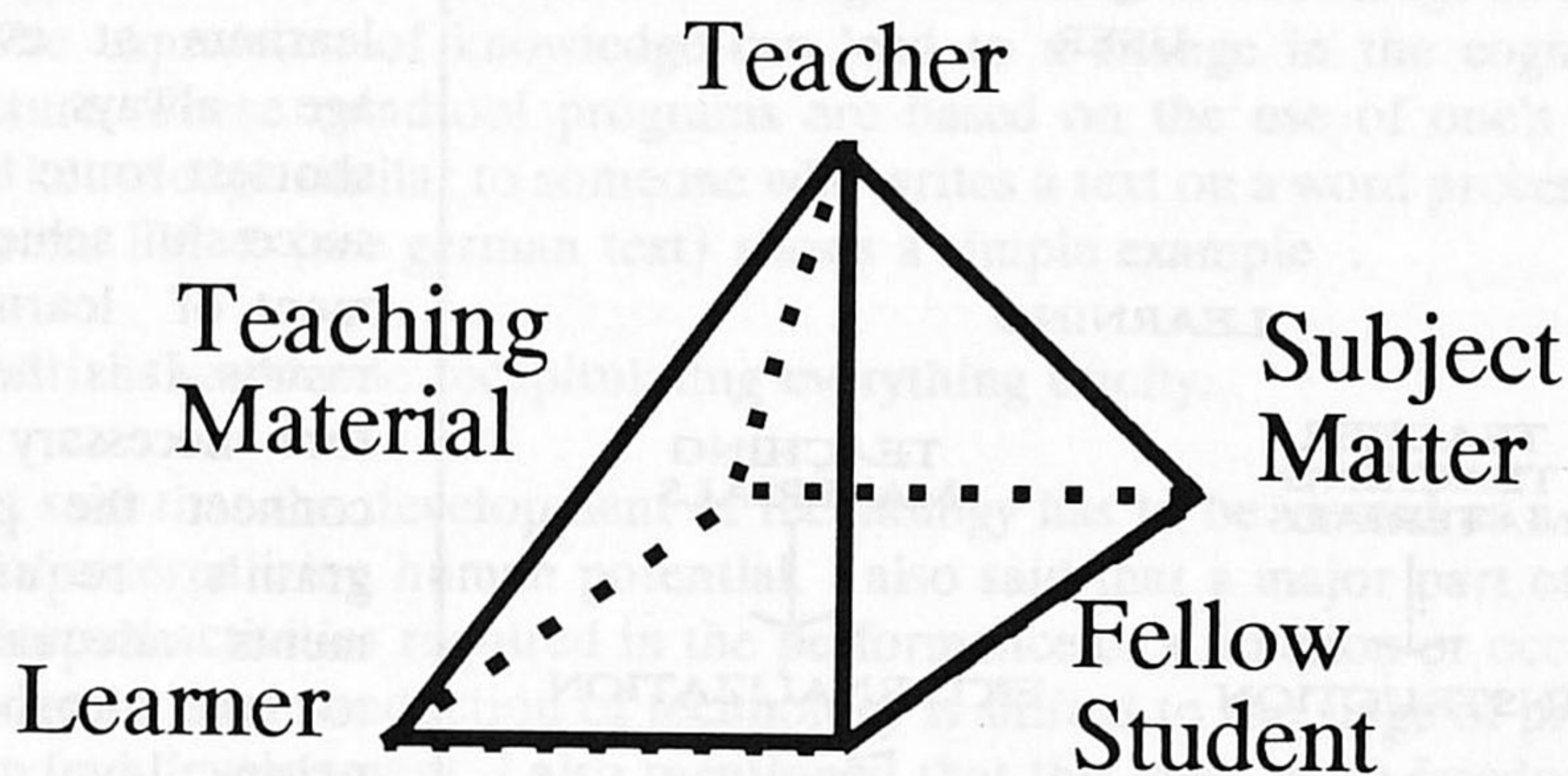


Fig. 4: The didactic pentacle

In this figure the teacher has a more indirect responsibility for the learning process. The didactic functions the teacher had to perform in the triangle are alternatively distributed to all five corners. In the classroom situation the interaction between teacher and teaching content is an indirect one. Man or a piece of teaching material form the medium getting the learner in touch with the subject matter. The computer as an intelligent teaching

aid enables the learner to learn interactively without the direct participation of the teacher. This does not mean that the teacher need not monitor the learner's learning process. On the contrary. The greater the teacher's distance from the learner's learning process, the greater his knowledge of subject-related didactics and of the psychology of learning has to be, in order to be able to provide the right assistance at just the right moment.

A future perspective of a large-scale introduction of the computer into education could be the following:

- the teacher's role will be an accompanying one
- the teacher's role will be more differentiated
- he will give less "subject-bound" instruction
- he will use a wider scale of teaching materials
- his teaching will be based on the assumption that the learner has a more active and independent role to play
- he will work with changing groups and individual learners.

In situations where only written materials are used it often seems difficult to develop a more individualized approach to teaching or to work in smaller groups. It is striking that with the inclusion of the computer cooperative learning is introduced on a wider scale. One gains the impression that the cooperation among learners owing to the use of the computer often creates positive effects. It seems that the learners are more oriented towards their task in computer-based groupwork than when cooperating with pencil and paper.

Computer-managed Instruction (CMI)

As education is individualized there is a growing need to register the learner's progress. In the Netherlands the so-called computer-managed instruction systems are much-praised. Such system include among other things a multitude of more complicated texts. They make it possible to determine the teaching content the learner commands and give recom-

recommendations for additional tasks. Moreover such systems allow the comparison of learner performances on a regional level. In other words, a teacher can examine how his learners compare with learners from other classes. The experience with such systems has not always been positive. First of all the statistical knowledge required for understanding the assessment procedure is complicated. Secondly, such systems as a rule provide more information than the teacher is able to process within the available timeframe. What I consider even more dangerous is the risk that a measuring mania will develop at school making it tantamount to achieve short-term goals, i.e. good results in individualized texts. This is not necessarily a computer-inherent testing risk. It is possible to use diagnostic tests and to put the evaluation of performance in the service of individual learner support. But if the introduction of CMI systems is not firmly based on the notion of learning as a productive process, the risk of overstating rote learning and the acquisition of factual knowledge is great. Then the introduction of computers in the classroom will not be controlled by an increase in the learner's options, but by an increase in instructional efficiency, which poses the risk of overtaxing the weaker learners.

Learning-related effects

After having addressed the various forms of computer-based instruction I would like to deal with the learning-related effects produced by computers. The following table established by Kulik, Kulik and Schwalb in 1986 gives an overview of the learning effects.

Table 2. Learning-related effects from 63 surveys on computer-based instruction

	CAI	CEI	CMI
Elementary school	.47	-	.07
Secondary schools	.36	.07	.40
University	.26	.23	.35
Adult learning	.29	.72	1.13

CAI: computer-assisted instruction (drill and practice, tutorials)

CEI: computer-enriched instruction (simulation, discovery worlds)

CMI: computer-managed instruction (evaluation, assessment)

A higher number denotes higher learning effect.

This table shows three trends.

1. The effects of more heavily controlled forms of instruction are greater on younger learners.
2. The effects of a more exploratory approach to learning are greater on older learners.
3. The greater the responsibility for one's own learning process, the greater the effect of CMI.

These data were derived from a meta analysis comprising 63 studies of computer-based instruction effects in the beginning of the eighties. It is striking that no data were available for exploratory forms of computer-based instruction in elementary schools. There may be several causes. One lies in the fact that these exploratory programs need high-performance computers which these schools did not possess. A second cause could be that learning in elementary schools with regard to the acquisition of basic skills is primarily regarded as a drill and practice activity. Fortunately there

are now programs available which allow the learning of multiplication in an exploratory environment.

The positive effects on learning amount for the most part to a reduction of the learning time and only rarely bring about a qualitative improvement in the command of content. I hope that programs stimulating learning as a productive process will also lead to a qualitative improvement of the learning activities.

Class size

In concluding let me make a few remarks on two points.

The first concerns the costs of introducing computers in education. The Netherlands Minister of Education favours the introduction of computers in the classroom because he thinks it will save costs. My personal opinion, however, is that it will make education more expensive. Quicker learning does not necessarily mean shorter courses, but can also entail an extension of the curriculum. The design of software is expensive. The developments in the area of hardware make it necessary to write computers off relatively quickly. But one aspect of my forecast which might come as a surprise to you, is my assessment that the computer will make the classes smaller. In classroom instruction the performance of learners is not affected by the fact that the class consists of twenty or forty learners. However, if the introduction of the computer leads to a greater degree of individualization, the question for individual support will increase in importance, possibly leading to political pressures calling for fewer learners to be assigned to each teacher.

Integration

The last item concerns the integration of computers in education.

I claim that the adoption of technical innovations in classroom instruction occurs via the living room. I am citing two examples, the introduction of the ball point pen and of the video recorder into school. Only after those devices were used at home did schools start to use them more frequently.

It also holds true for the computer in my estimation that the learner spends more time behind the computer at home than at school. As soon as there are educational programs of sufficient quality, the wealthier and better educated parents will acquire this courseware for their children. This may lead to increasing inequality among learners. When will there be educational software of sufficient quality, and when will it influence the

organization at schools? I estimate it will take some ten years. Technological developments that make it possible to deal with text, images and sound interactively, making use of new media like the CD Rom, in my view are necessary for creating an interesting learning environment. These media enable us to enrich our text-oriented school culture in a way that allows us again to experience behind our school walls a little bit more of the reality outside the schools.

For the school remains an institute, to which we bring our children so they can learn something about what happens outside the school walls. It remains an artificial world, no matter what fantastic media we may be using.