

## 2.2 Lernen

Lernen wird allgemein als Vorgang des Wissenserwerbs verstanden. Im folgenden werden die verschiedenen Arten von Wissen aufgezeigt, zu deren Vermittlung unterschiedliche Lerntheorien entwickelt wurden. Darauf bauen auch die computerunterstützten Lernprogramme auf, die dann in einem weiteren Abschnitt vorgestellt werden.

### 2.2.1 Wissensarten

Wissen wird allgemein als die Gesamtheit der im Gehirn gespeicherten Gedächtnisinhalte bezeichnet. Philosophen, Psychologen, Neurowissenschaftler und Pädagogen unterscheiden viele Arten von Wissen, z.B. praktisches, theoretisches, enzyklopädisches, prozedurales u.v.a.. Diese Wissensarten werden in zwei Klassifizierungen strukturiert, die im folgenden erläutert werden:

- Neurowissenschaftliches Klassifizierungssystem
- Philosophisches Klassifizierungssystem

Von Neurowissenschaftlern wird die physiologische Grundlage des Wissens und Denkens erforscht. Ihnen ist z.B. die Erkenntnis zu verdanken, dass es ein Ultrakurzzeit-, Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis gibt. Für die Entwicklung eines Lernsystems, wie es diese Arbeit vorsieht, tritt dieses neurowissenschaftliche Klassifizierungssystem aber zugunsten des philosophischen Klassifizierungssystems in den Hintergrund.

Die Anfänge des philosophischen Klassifizierungssystems gehen auf den griechischen Philosophen Aristoteles (384-322 v. Chr.) zurück, der erklärte, dass „alles Denken (...) entweder praktisch oder herstellend oder theoretisch ist“ [JAR-97]. Heute werden auf dem Gebiet der Wissenspsychologie zwei Modelle unterschieden:

- Faktenwissen, Anwendungswissen und Handlungswissen nach Ryle/Baumgartner (Abbildung 37) und
- Explizites und implizites Wissen nach Polanyi (Abbildung 38)

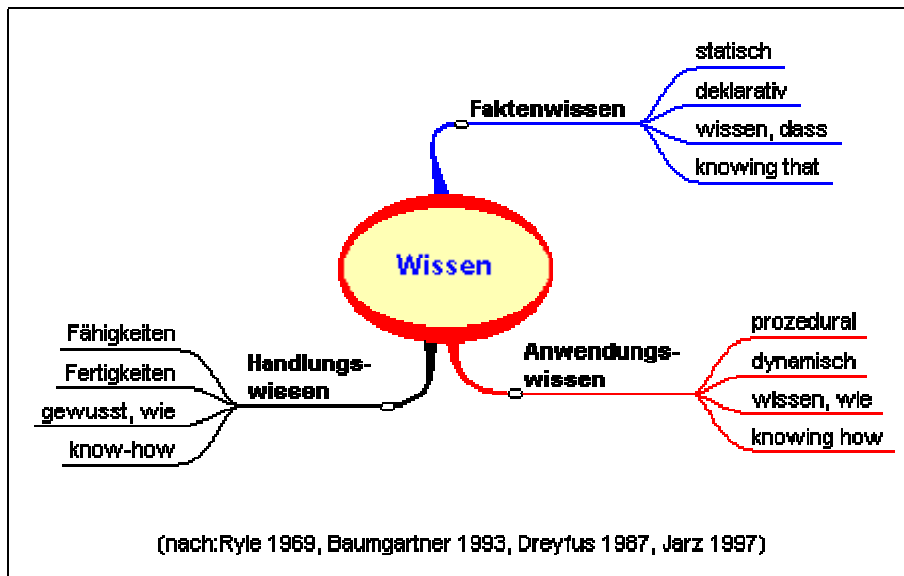


Abb. 37 Wissensmodell nach Ryle/Baumgartner, aus: [TEA-00]

*Faktenwissen* nennt man die Kenntnis von Sachverhalten oder von Aussagen über einen Sachverhalt [JAR-97]. Es bezeichnet im allgemeinen das Wissen über Fakten, das ohne Kenntnis von Zusammenhängen und Hintergründen herangezogen wird („wissen, dass“, siehe Abbildung 37). Dieses Wissen wird auch als statisches Wissen bezeichnet. Ein typisches Faktenwissen ist z.B. die Kenntnis bestimmter Jahreszahlen in Geschichte z.B. 1897, die Erfindung der serienreifen Glühlampe durch Thomas Alva Edison.

Unter *Anwendungswissen* versteht man Wissen, das sich auf die Kenntnis von Prozeduren zur Problemlösung bezieht [JAR-97]. Prozedurales Anwendungswissen besitzt drei charakteristische Merkmale: Zielgerichtetheit, Zerlegung eines Gesamtziels in Teilziele sowie Auswahl und Beschreibung der für die Realisierung der Teilziele notwendigen Handlungen („wissen, wie“, siehe Abbildung 37). Man bezeichnet es auch als *dynamisches* oder *generisches Wissen*, weil als Ergebnis einer Prozedur neues Wissen herauskommen kann. Ein Anwendungswissen ist z.B. die Kenntnis, wie eine kaputte Glühlampe auszutauschen ist.

Im Gegensatz zu diesem theoretischen Wissen (Faktenwissen und Anwendungswissen) umfasst *Handlungswissen* Erkennens- und Handlungsprozesse im Sinne von Fertigkeiten oder Können [JAR-97]. Es bildet gewissermaßen als verinnerlichtes Wissen die oberste Wissensebene, weil es sich auch auf Faktenwissen und Anwendungswissen stützt. Es wird auch als *allgemeines Alltagswissen* bezeichnet, d.h. Wissen, wie man sich (unterbewusst) im Alltag zurechtfindet („gewusst, wie“, siehe Abbildung 37). Typisches Handlungswissen ist z.B. Rad- und Autofahren.

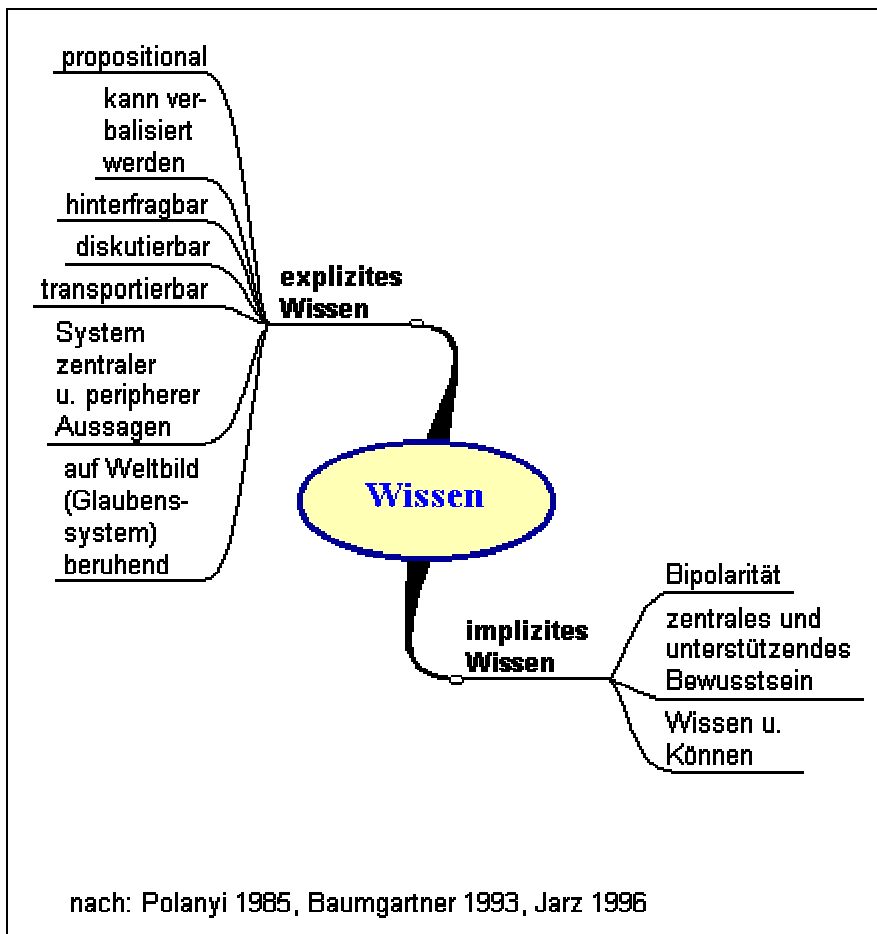


Abb. 38 Wissensmodell nach Polanyi [TEA-00]

*Explizites* und *implizites Wissen* unterscheidet sich hauptsächlich dadurch, ob es verbalisiert werden kann. Nur explizites Wissen kann vollständig beschrieben werden und ist damit eindeutig sprachlich vermittelbar (siehe Abbildung 38). Ein Beispiel für explizites Wissen ist z.B. die Kenntnis und Beschreibung der komplexen Zusammenhänge an der Börse. Implizites, d.h. verinnerlichtes Wissen sind z.B. Routinehandlungen, die nicht mehr hinterfragt werden, z.B. körperliche Fähigkeiten (ähnlich dem *Handlungswissen*). Man bezeichnet Wissen, das ehemals sprachlich vorhanden war und durch Übung und Training ins Unterbewusste übergegangen ist, auch als *kompiliertes Wissen*. „Explizites Wissen kann durch Routinehandlungen impliziert integriert werden“ [JAR-97].

Gegenüber dem Modell von Ryle/Baumgartner wird auch die Möglichkeit berücksichtigt, dass durch Konzentration und nicht nur durch Wissen allein eine Aufgabe gelöst werden kann. Dazu wird das implizite Wissen gegliedert in das *unterstützende Bewusstsein* (Hintergrund- bzw. Handlungswissen, auf das sich

unbewusst verlassen wird), und in das *zentrale Bewusstsein*, auf das die Aufmerksamkeit gelenkt wird.

In der Literatur findet sich im Zusammenhang mit Wissen und Wissenserwerb noch häufig der Begriff *strategisches Wissen* [MAN-95]. Es kennzeichnet eine generelle Kompetenz, die in einer Vielzahl von Situationen als Problemlösung benutzt werden kann und deshalb auch als *Schlüsselqualifikation* bezeichnet wird. Voraussetzung dafür ist, eine methodische Kompetenz aus seinem Anwendungs- und Handlungswissen ableiten zu können, die dann bewusst oder unbewusst auf neue Situationen übertragen werden. Ein Beispiel ist das Wissen, wie man das Lernen lernt.

## 2.2.2 Lerntheorien

Lernen wird allgemein als Vorgang des Wissenserwerbs verstanden. Genauer definiert es die pädagogische Psychologie als: „relativ langfristige Veränderung des Verhaltens/Potentials eines „Lernsubjekts“ in kognitiver, affektiver, psychomotorischer und sozialer Sicht, aufgrund von Reizen/Herausforderungen/Zwängen der systemischen Umwelt und/oder eigener Reflektion“ [MAN-94].

Seit Anfang des 19. Jahrhunderts haben sich drei Lerntheorien entwickelt, die ausgehend von unterschiedlichen Auffassungen zum Wissenserwerb unterschiedliche Methoden bzw. Lernstrategien zum optimalen Vermitteln von Wissen ableiten [ISS-97], [TUL-96], [BAU-94]:

- Behaviorismus (ca. 1920-1960)
- Kognitivismus (ca. 1960-1990)
- Konstruktivismus (ca. ab 1990)

Die Grundlage für die Theorie nach dem *Behaviorismus* ist die Annahme, dass das Verhalten eines Individuums aus automatischen Reaktionen auf äußere Reize besteht. Lernen bedeutet hier, dass neue *Reiz-Reaktions-Ketten* aufgebaut (konditioniert) werden. Man unterscheidet das *klassische Konditionieren* nach Pawlow und das *operante Konditionieren* nach Skinner bzw. Thorndike (Law of Effect), nachdem die Auftretungswahrscheinlichkeit einer bestimmten Reaktion durch Bestrafung oder Belohnung gesteuert werden kann.

Erlernes Verhalten kann demnach als ein konditionierter Reflex verstanden werden. Als Konsequenz ergibt sich, dass es für jede Aufgabe (Reiz) immer nur eine einzige Antwort (Reaktion) geben kann.

Die optimale Lernmethode, die auf dieser behavioristischen Basis aufbaut, besteht aus einem (autoritären) „Lehrer“, der vorgibt, was zu lernen ist, in welcher Reihenfolge und wie. Diese Lernform wird auch als *drill and practice* bezeichnet.

Basierend auf dieser Theorie entstanden Lernprogramme nach den folgenden Prinzipien [KUH-96]:

- Die Lernziele sollen klar und objektiv formuliert werden, damit passende Rückmeldungen gezielt erzeugt werden können.
- Der Lernende soll das Lerntempo selbst bestimmen. Dabei sollen die Aufgaben so gestellt werden, dass sie der Lernende mit hoher Wahrscheinlichkeit richtig lösen kann. Auch soll der Lernweg von leichten zu schwierigen Aufgaben führen.
- Auf jede Antwort des Lernenden soll sofort eine Rückmeldung erfolgen.
- Besonders gute Antworten sollen zusätzlich belohnt werden.

Werden bei der *behavioristischen* Sichtweise des Lernens lediglich die äußeren Bedingung des Lernens berücksichtigt, untersuchen die *Kognitivist* den menschlichen Denk- und Verstehensprozess, der nicht direkt beobachtet werden kann. Grundlage ist die Annahme einer Wechselwirkung zwischen einer externen Präsentation und einem inneren Verstehensprozess [TUL-96]. Als Vorläufer gilt die Gestaltpsychologie.

Bruner und Piaget liefern wichtige Ansätze zum kognitivistischen Lernen, indem sie das Gehirn mit einem informationsverarbeitenden Gerät vergleichen, das Eingaben von außen aufnimmt (Sinneswahrnehmungen), nach internen *Schemata* verarbeitet und entsprechende Ausgaben (Reaktionen) erzeugt [KLI-93]. Diese Schemata gleichen *mentalen Modellen*, da sie als individuelle Denkmodelle das Verständnis eines Sachverhalts prägen, „mit deren Hilfe wir planen und entscheiden, vorausschauen und erklären, kurz: mit deren Hilfe wir denken“ [HAS-95].

Lernen wird als der Aufbau dieser mentalen Modelle bezeichnet. Durch diese Sicht auf das Individuum anerkennt man auch individuelle Differenzen beim Lernenden, wie z.B. Vorkenntnisse und Zielvorstellungen. Sie müssen für ein optimales Lernen berücksichtigt werden. In Anlehnung an das Forschungsgebiet der Künstlichen Intelligenz (KI) versucht man, diese Schemata als „intelligente“ Parameter eines

Lernprozesses zu definieren. Entsprechend dynamisch anpassbare Lernsysteme werden auch als *Adaptive Systeme*, bzw. *Intelligente Tutorielle Systeme (ITS)* bezeichnet.

Im Vergleich zum starren Ablauf der behavioristischen Lernsysteme haben diese Lernsysteme einen dynamischen Ablauf, der dem Lernenden zum Teil so viel Spielraum gibt, dass auch vom *entdeckenden Lernen* gesprochen werden kann. Es stellt eine ideale Form der kognitivistischen Methode dar und betont folgende Aspekte des Lernens [EDE-96]:

- Entdeckendes Lernen wird vom Lernenden selbst gesteuert.
- Relevante Informationen werden nicht fertig strukturiert präsentiert; der Lernende muss sie vielmehr selbst finden und strukturieren, bevor er daraus Regeln ableiten kann.
- Das Entdecken wird geleitet von Neugierde und Interesse des Lernenden.
- Ziel des Lernens ist die Ausbildung der Problemlösungsfähigkeit.

Nach der kognitivistischen Methode wird also Wissen im übertragenen Sinne als „Funktion“ angenommen, zu deren Verständnis man mit den einzelnen Parametern (individuell) experimentieren muss. Auf dieser Grundlage entwickelte sich dann bereits hier das Konzept des *Lernens mit Simulationen*. Beide bestehen aus einem interaktiv veränderbaren Modell eines Gegenstandsbereichs. Die Lernenden können durch verschiedene Operationen auf das Modell einwirken, seine Bestandteile manipulieren und die damit zuvor aufgestellten Hypothesen über die Objekte oder Gesetzmäßigkeiten des Gesamtsystems überprüfen.

Im Gegensatz zum objektivistischen Weltbild, das oft dem Kognitivismus zugrunde liegt, steht beim *Konstruktivismus* das individuelle Weltbild im Zentrum, das subjektiv und nicht vorhersagbar ist. Vor allem die Erkenntnisse der Relativitätstheorie haben zu dieser Verneinung einer objektiv beschreibbaren Welt geführt. Wissen entsteht demnach im Individuum selbst und kann nicht von außen instruiert werden. „Selbst einfache Sinneswahrnehmungen wie Sehen und Hören sind keine Abbilder, sondern individuelle Konstruktionen“ [BAU-94].

Deshalb kann es auch keine Lehrstrategie oder Darstellungsweise geben, die optimales Lernen sichert. „Lernen bedeutet nach dem konstruktivistischen Paradigma: Wahrnehmen, Erfahren, Handeln, Erleben und Kommunizieren, die jeweils als aktive, zielgerichtete Vorgänge begriffen werden“ [KLI-93]. Anstelle des Auswendiglernens von Fakten treten „skills and strategies“ in den Vordergrund [HON-91]. Das Lehren tritt gegenüber dem Lernen in den Hintergrund. Lernen wird als Anregung des

Lernenden zur weiteren aktiven Konstruktion verstanden. Die Aufgabe des Lehrers ist weniger der beobachtende Tutor, als vielmehr ein Berater, „Coach“.

In diesem Zusammenhang ist das Problem des *Trägen Wissens* und des *mangelnden Transfers* wichtig, das nach einer konstruktivistischen Auffassung von Lernen gemindert werden soll. In vielen Lernumgebungen wird zwar viel Wissen vermittelt, dessen Nutzen aber den Lernenden häufig unklar ist, weil die praktische und authentische Anwendungssituation eine zu geringe Rolle spielt [BRA-90]. Es wird deshalb als träges Wissen bezeichnet, weil es im konkreten Fall nicht abgerufen, bzw. nicht auf konkrete Situationen übertragen werden kann. Nach der konstruktivistischen Lernauffassung wird Information nicht in kleine Einheiten aufgeteilt, sondern anhand realistischer Probleme in komplexen Zusammenhängen mit einer Vielzahl von Abhängigkeiten *kontextualisiert* dargestellt. Umso mehr Anwendungssituationen dabei berücksichtigt werden, desto eher kann eine Anwendbarkeit auf andere Situationen gewährleistet werden. Ist ein solches Wissen vorhanden, spricht man auch vom *situativen Wissen* [MAN-97].

Die wichtigsten konstruktivistischen Auffassungen des Lernens und Lehrens [THI-97]:

- Lernen ist eine aktive Wissenskonstruktion in Verbindung mit bereits bestehendem Wissen.
- Lernen ist individuell, der jeweilige Lernweg ist nicht vorhersehbar.
- Der Lernprozess beginnt mit der Anregung der richtigen Fragen beim Lernenden. In diesem Zusammenhang taucht der Begriff *Anchored Instruction* auf. Es soll ein „Anker“ sein, der vor Beginn einer Instruktion das Interesse und Verständnis des Lernenden wecken soll.
- Lernen ist die Konstruktion und Verfeinerung mentaler kognitiver Landkarten.
- Wissen an sich ist durch den Lehrer nicht vermittelbar. Vielmehr hilft er dem Lernenden durch sein Tun, durch Hinweise, Fragen und Informationen, selbst Wissen zu konstruieren.

Daraus kann man folgende Prinzipien für konstruktivistische Lernsysteme ableiten [REI-94], [MAN-97]:

- Authentizität der Lernumgebung
- situierte Anwendungskontexte
- multiple Perspektiven und multiple Kontexte
- sozialer Kontext

- Komplexe Ausgangsprobleme (Anchored Instruction)
- Artikulation und Reflexion (Wissensinhalte äußern)

Lernprogramme, die auf der konstruktivistischen Basis aufbauen, sind ebenfalls Mikrowelten und Simulationen. Sie unterscheiden sich zu denen des Kognitivismus insofern, als dass ihr Anspruch auf Authentizität und Vernetzung höher ist. Demzufolge spielen Hypermedialsysteme, in denen Wissen netzwerkartig verknüpft ist, nach der konstruktivistischen Auffassung eine große Rolle, weil der Lernende durch sie Wissen aus verschiedene Perspektiven beziehen kann und so an eine Gegenstandswelt gewöhnt wird, die nicht objektiv darstellbar und wahrnehmbar ist.

### 2.2.3 Zusammenfassung und Bewertung

Wissen wird allgemein als die Gesamtheit der im Gehirn gespeicherten Gedächtnisinhalte bezeichnet. Es tritt in den unterschiedlichsten Formen auf und reicht vom Faktenwissen „wissen, dass“ (theoretisch, statisch, deklarativ) über das Anwendungswissen „wissen, wie“ (prozedural, dynamisch) zum Handlungswissen „gewusst, wie“ [TEA-00]. Das Handlungswissen bezeichnet Fähigkeiten und bildet gewissermaßen die oberste Wissensebene, indem es sich dabei auf das verinnerlichte Fakten- und Anwendungswissen stützt. Man spricht hier auch von impliziertem Wissen, weil es als Routinehandlung nicht mehr länger reflektiert wird. Expliziertes Wissen dagegen kann vollständig verbalisiert und damit reflektiert werden [JAR97]. Strategisches Wissen oder Transferwissen kennzeichnet eine Fähigkeit, generelle Problemlösungstechniken selbstständig auf eine Vielzahl von entsprechenden Situationen anwenden (transferieren) zu können [MAN-95].

Lernen wird allgemein als Vorgang des Wissenserwerbs verstanden, der nach verschiedenen Theorien abläuft und ganz unterschiedlich für die verschiedenen Wissensarten geeignet ist. Die behavioristische Theorie eignet sich für das Erlernen von Faktenwissen und die kognitivistische Theorie für das Erkennen von Zusammenhängen (mentale Modelle). Innerhalb der kognitivistischen Theorie spielt vor allem das „entdeckende Lernen“ eine große Rolle, in der zuvor aufgestellte Hypothesen selbstständig überprüft werden. Im Gegensatz dazu geht man nach der konstruktivistischen Theorie davon aus, dass es keine fertig definierten Gesetzmäßigkeiten zu entdecken geben sollte, sondern dass man sie selbst und individuell definiert. Sie initiiert den Blick aus einer anderen Perspektive oder auf den Transfer in einen anderen Kontext. Diese *Metakognition* regt zu kritischer



Auseinandersetzung mit dem eigenen Standpunkt an. Wissen wird demnach nicht als unveränderlich angesehen, sondern als dynamisch.

In der Praxis gibt es häufig einen „objektiven“ Bestand an relativ festen Fakten und Vorgehensweisen, die wichtig für die Ausübung bestimmter Tätigkeiten sind und nach der kognitivistischen Theorie gelernt werden sollten. Ein Beispiel für ein solches „objektives“ Anwendungswissen sind die *Anerkannten Regeln der Technik im Bauwesen*. Diese sollten „unreflektiert“ gelernt werden. Hier wäre eine abweichende Einstellung, die durch eine konstruktivistische Lehrmethode erzielt würde, kontraproduktiv. „Zu einem bestimmten Zeitpunkt gibt es unbestrittenes Wissen und Können, das ein Mensch zur Lebens- und Berufsbewältigung benötigt. Und dieses Wissen kann auch in verständlicher Weise vermittelt werden“ [DUB-93].

Untersucht man nun das aktuelle Hochschulangebot auf dem Bereich der architektonischen Beleuchtung, so muß man zuerst feststellen, dass es in Deutschland nur wenige Hochschulen mit einer Ausbildung von Architekten und Innenarchitekten zum Lichtplaner gibt [ROH-99]. Untersucht man das zugrundeliegende Curriculum (ELDA 2000+ Backbone) auf die zu vermittelnden Kenntnisse, kann man ein Übergewicht an Grundlagen und Produkten zuungunsten der Anwendungen feststellen. Ich finde, dass aber gerade die Anwendungen aus architektonischer Sicht im Vordergrund stehen sollten, an denen die Grundlagen und Produkte nachvollzogen werden können. Man kann nicht vom umgekehrten Fall ausgehen, dass sich Anwendungswissen zwangsläufig aus den erlernten Grundlagen und Produkten entwickelt. Nur durch breit gestreute Anwendungen können vielfältige visuelle Wirkungen erstellt und wahrgenommen werden, die ihrerseits zur Vergrößerung des visuellen Wortschatzes beitragen, auf dessen Grundlage dann eine differenzierte Lichtplanung unterschiedlicher und anspruchsvoller Architektur erfolgen kann. Auf den damit verbundenen Aspekt des „entdeckenden Lernens“ wird im Kapitel „Handlungsbedarf“ näher eingegangen.

## 2.3 Computerunterstütztes Lernen

In der Literatur findet man viele verschiedene Begriffe für computerunterstützte Lehr- und Lernsysteme, von denen hier nur die wichtigsten kurz aufgeführt werden sollen. Auffallend ist, dass sie alle den Computer als technische Basis und weniger die Lehrmethode in den Vordergrund stellen:

- CBT: Computer Based Training
- CBL: Computer Based Learning
- CAT: Computer Aided Teaching  
(Computerunterstützter Unterricht, CUU)
- CAL: Computer Aided (Assisted) Learning  
(Computerunterstütztes Lernen, CUL)
- WBT: Web (World Wide Web) Based Training

Die Lernsysteme unterscheiden sich grundsätzlich in der technischen Komplexität und in der curricularen Einbettung. *Lernprogramme* haben z.B. eher den Anspruch, didaktisch vorbereitete Wissensinhalte exklusiv zu vermitteln. Sie sind curricular nicht in Präsenzveranstaltungen eingebunden und gelten somit als eigenständige Lernsysteme. Im Unterschied dazu kennzeichnet *Lernumgebungen*, dass sie eher ein Portal zu einer offenen Wissenssammlung sind und meist begleitend zu Präsenzveranstaltungen angewendet werden, in deren didaktischen Rahmen sie eingebettet sind. Lernumgebungen haben daher auch eher einen Angebotscharakter, in dem der Lernende das Lernen selbst steuert.

Zusätzlich kann noch in *offline* und *online* Systeme unterschieden werden. Offline-Systeme benötigen keinen Anschluss an ein Netz. Sie werden in der Regel auf CD-Roms ausgeliefert und auf dem Computer des Benutzers installiert. Sie enthalten dann auch eine in sich geschlossene Stoffsammlung, die nur durch weitere CDs ergänzt werden kann. Der Begriff CBT kennzeichnet im allgemeinen solche Lernsysteme.

Online-Systeme kennzeichnet eine Verbindung mit einem Netz, z.B. dem Internet. Dadurch ist es möglich, dass Informationen und Revisionen direkt bezogen werden können und somit die Stoffsammlung immer aktuell ist. Neben diesen Distributionsmöglichkeiten gibt es auch weitreichende Kommunikationsmöglichkeiten. Lernende können sich via E-Mail, Newsgroups, Chat u.a. mit Kollegen und Lehrern austauschen und sich sogar zu einem verabredeten Zeitpunkt in einem virtuellen

Klassenzimmer einfinden, um so gemeinschaftlich lernen. Man kann bei Online-Systemen noch verschiedene Grade der Softwarevoraussetzung unterscheiden. Manche Systeme werden in ihrer Grundaufstellung von CD-Rom installiert und erhalten dann online ihre aktuellen Inhalte. Für andere Systeme benötigt man auf dem lokalen Rechner keine Daten mehr, weil bei der Online-Sitzung alle notwendigen Programme und Daten automatisch und modular übertragen werden.

Webbasierte Lernsysteme kennzeichnet im allgemeinen die Nutzung eines kostenlosen Webbrowsers für die Benutzeroberfläche des Lernsystems. Der Webbrowser kann dabei sowohl offline als auch online auf Inhalte zurückgreifen, weshalb WBT Systeme also nicht zwangsläufig als Online-Systeme bezeichnet werden können. Genauso wenig müssen CBT Systeme nicht nur auf Offline-Inhalte beschränkt sein. Sie können auch Online-Inhalte beziehen, die nicht über das WWW, sondern über andere Netzdienste möglich sind.

Die Entwicklung einer entsprechenden technischen Infrastruktur für viele und schnelle Online-Verbindungen ist in vielen Ländern ein hohes bildungspolitisches Anliegen. Am bekanntesten ist das us-amerikanische Programm zur Entwicklung des Super-Information-Highways.

### **2.3.1 Bedeutung für Lehre und Ausbildung**

Eine optimale Lernsituation ist sicherlich die individuelle Betreuung einzelner Lernender oder Kleingruppen durch eine Lehrperson. Dass dieses Ideal aber zunehmend seltener anzutreffen ist, liegt zum einen an der immer kürzer werdenden Zeitspanne, in der erworbenes Wissen eingesetzt werden kann, und zum anderen an der immer größer werdenden Menge an angebotener Information. Besonders in technologischen Bereichen beträgt die „Halbwertszeit“ von anwendbarem Wissen nur ein bis drei Jahre [HIT-94]. Die Zunahme der Informationsmengen äußert sich z.B. in einer Verdopplung der wissenschaftlichen Journale ca. alle fünf Jahre [HAS-95]. Diese Phänomene prägen den Begriff der *Wissensgesellschaft*, in der der effiziente Umgang mit Wissen, d.h. Sammlung, Bewertung und Einordnung von Wissen wichtig ist. Während die traditionellen Lebensmodelle durch eine mehrjährige Lernphase in Ausbildung und Studium mit anschließender Anwendungsphase im Beruf gekennzeichnet sind, spricht man in dieser Wissensgesellschaft auch vom *lebenslangen Lernen*.

In der Wirtschaft wurde diesen Anforderungen häufig mit verstärkten Weiterbildungsmaßnahmen begegnet, die bisher dem Vorbild des klassischen Frontalunterrichts folgten. Diese Seminarveranstaltungen sind aber oft mit einem hohen Terminplanungs- und Reiseaufwand aller Beteiligten verbunden und verursachen dadurch hohe Kosten. Vor dem Hintergrund des zunehmenden Kostendrucks entschließt man sich immer mehr, das Lernen nun in die individuelle Arbeitsplatzumgebung zu verlegen, in der Lernende jederzeit auf ein Bildungsangebot zurückgreifen können. Da fast jeder Arbeitsplatz mit vernetzten Computern ausgestattet ist, die als technische Infrastruktur für CUL genutzt werden kann, sind hohe wirtschaftliche Erwartungen an CUL geknüpft.

Diese technische Grundlage ist in den Universitäten noch nicht in dem Maße vorhanden. Hier fehlt es häufig an Personal und Räumlichkeiten. Ein Mangel, der vor dem Hintergrund der stetig ansteigenden Studentenzahlen besonders schwer wiegt und die Lehre zu einem Massenbetrieb werden lässt [HRK-96]. Das Studentenpublikum wird aber nicht nur überproportional größer, sondern auch durch die Zunahme von Teilzeitstudenten (1996 ca. 25%) immer heterogener. Gerade deutsche Hochschulen decken diesen veränderten Bedarf an Lehre zögerlicher ab, weil sie im internationalen Vergleich grundsätzlich eher an Forschung interessiert sind (Tabelle).

Tabelle 1 Interessensschwerpunkte von Lehrenden an Universitäten im internationalen Vergleich

	Hauptsächlich Lehre	Eher Lehre	Eher Forschung	Hauptsächlich Forschung
Japan	4	24	55	17
Deutschland	8	27	47	19
Großbritannien	12	32	40	15
USA	27	36	30	7

Quelle: The Economist 97/9

Der allgemeine Massenbetrieb in der Lehre kann also die aktuellen Bedürfnisse des Lernenden an ein individuelles und flexibles Bildungsangebot nicht ausreichend befriedigen. Andererseits genießen die Universitäten durch ihre fachliche und didaktische Kompetenz gegenüber anderen Anbietern ein hohes Ansehen. Diese Kluft zwischen der nach wie vor großen Nachfrage an universitärer Bildung und der nicht mehr zeitgemäßen Vermittlung im Massenbetrieb, sehen viele CUL als Möglichkeit zur Verbesserung der „herkömmlichen“ Lehre. Das zeigen vor allem die erfolgreichen spezialisierten Fernuniversitätsangebote, die mittels CUL auch Berufstätigen orts- und zeitunabhängig das Erreichen von höheren Bildungsabschlüssen ermöglichen. Die

bekanntesten Beispiele sind die Fernuniversität Hagen in Deutschland, die Open University in Großbritannien und die Open Learning Agency in Kanada.

Man verspricht sich von CUL aber nicht nur eine bessere Bereitstellung für neue oder veränderte Zielgruppen, sondern auch eine qualitative Verbesserung der Lehre. CUL kann lehrbegleitend z.B. die anfängliche Vermittlung von deklarativen Inhalten übernehmen und die freigewordene Zeit des Lehrpersonals anschließend in intensive Gruppengespräche, Fallbeispiel und Gruppenarbeit investiert werden.

Eine Delphi-Studie führt besonders die Verbesserung der Basistechnologien als positive Begleitumstände für CUL an [MOE-95]. Folgende Aspekte werden dabei besonders hervorgehoben:

- konstanter starker Preisverfall der Hardware
- zunehmende Multimediafähigkeit der PCs
- standardisierte Kompressionsverfahren für Multimedia-Daten
- Verfügbarkeit von Entwicklungswerkzeugen (z.B. Autorensystemen)
- Entwicklung des World Wide Web als Hypermedia-System
- Entwicklung schneller Netzwerke

Besonders die Möglichkeiten von Multimedia und World Wide Web (Hypermedia) haben in den Augen von Mediendidaktikern und Medienpädagogen die Entwicklung und Akzeptanz von CUL besonders bereichert und sollen hier gesondert dargestellt werden.

„Seit Beginn der 90er Jahre ermöglichen Hypertext- und Multimediatechnologien die Entwicklung von Lernwelten, von denen die Pioniere der Lernmaschinen nicht einmal zu träumen wagten. Die damit verbundenen bildungspolitischen Chancen sind von vielen Verantwortlichen in Aus- und Weiterbildung erkannt worden und haben zur Entwicklung einer kaum noch zu überschauenden Zahl von Lernsystemen geführt. Heute werden Lernsysteme für viele Bereiche der betrieblichen Aus- und Weiterbildung angeboten, aber auch das Angebot für das schulische und universitäre Lernen hat gerade in den vergangenen zwei bis drei Jahren erheblich zugenommen“ [GLO-95].

### 2.3.2 Bedeutung von Multimedia

Als wichtigste Medien galten bis vor ein paar Jahren das Buch, die Schallplatte und der Fernsehapparat, die jeweils für die Vermittlung von Bildern, Tönen und Videos zuständig waren. Multimedia kennzeichnet jetzt eine Technologie, in der die verschiedenen Arten von Medien in einem Medium gebündelt angeboten werden (neben Text auch Bilder, Video, Audio, Animation usw.). Neben dieser *Medien-Integration* sind es vor allem auch neue *Visualisierungsmöglichkeiten*, z.B. die computergenerierte *Animation* oder *Simulation*, mit denen Sachverhalte oder Zusammenhänge besonders anschaulich dargestellt werden können.

Die zugrunde liegende Software hat sich in den letzten Jahren stark entwickelt und fand darüberhinaus im Internet eine schnelle Verbreitung. Mittlerweile stehen für viele Anwendungsbereiche Programme zur Erstellung und zum Abspielen von multimedialen Daten in einer Leistungsfähigkeit und Preisklasse zur Verfügung, die noch vor ein paar Jahren undenkbar war.

Multimediafähige Computer besitzen nicht nur eine Standardausstattung an notwendiger Software, sondern noch zusätzliche Multimedia-Hardware. Meist sind sie mit einer leistungsfähigen Grafikkarte, einer Soundkarte mit Lautsprechern, einem CD-Laufwerk auch für Audio-CDs, einem Farbdrucker, einem Internetanschluss usw. ausgestattet. Da auch der Bedarf an Rechenleistung gestiegen ist, sind z.B. schnelle Prozessoren, große und schnelle Festplatten und viel Speicher vorhanden. Der Preisverfall für einen solchen Multimedia-PC ist so hoch (alle 2-3 Jahre Halbierung des Preises), dass die Anschaffungskosten für einen Privathaushalt die eines sehr guten Farbfernsehers nicht übersteigen. Damit sind zumindest die technischen Voraussetzungen für eine Teilnahme an CUL auch in vielen Haushalten gegeben.

Multimediale Lernsoftware baut nun auf solchen Computern auf und kann dann das Lernen durch folgende Aspekte bereichern, die im traditionellen Buch oder Film nicht möglich sind [STE-95]:

- *Multicodalität*  
Zur Informationspräsentation stehen verschiedene Visualisierungsmöglichkeiten und Symbolsysteme zur Verfügung, z.B. als Bild, Piktogramm, Videosequenz, Animation, Zahl oder verbale Beschreibung. Dadurch ist ein hoher Grad an Anschaulichkeit gegeben.

- *Multimodalität*  
Es können verschiedene Sinnesorgane angesprochen werden, z.B. visuell, akustisch oder beides gleichzeitig. Die Informationsaufnahme kann dadurch verstärkt werden.
- *Dynamik*  
Informationen können sowohl statisch als Standbild oder Text, oder auch dynamisch als Video, Animation oder Audio präsentiert werden. Eine Animation oder Simulation kann Prozesse veranschaulichen, und per Video sind realitätsgetreue Darstellungen möglich.
- *Interaktivität*  
Es kennzeichnet die Möglichkeit des Lerners, mit der Lernsoftware zu interagieren, d.h. Aufgaben zu bearbeiten, Entscheidungen zu treffen und darauf individuelle Rückmeldungen zu erhalten.
- *Adaptivität*  
Es kennzeichnet die Möglichkeit der Lernsoftware, sich individuell an den Lernenden anzupassen. Dazu wird der Wissensstand und eine (Lern-) Vorliebe in sogenannten Benutzerprofilen verwaltet, nach denen dann Lernweg und Inhalte individuell angepasst werden.

### **2.3.3 Bedeutung des World Wide Web**

Das World Wide Web (WWW) ist im Zusammenhang von Lernsystemen deshalb so wichtig, weil es die Vorteile von Multimedia und Internet kombiniert. So kann man z.B. räumlich entfernte Ressourcen erschließen (Hochleistungsrechner oder komplexe Datenbanken) und weltweit mit jedermann via E-Mail und Newsgroups kommunizieren. Außerdem kann die Redundanz und Veralterung von lokalen Daten vermieden werden, da die Verbindung mit dem zentralen Daten-Server dafür sorgt, dass diese stets synchronisiert werden. Aktuelle Softwareentwicklungen gehen sogar soweit, dass komplexe Programme nicht mehr in Vollversionen verkauft und als CD-Rom vertrieben werden, sondern dass die Software online über die Homepage des Softwarehauses genutzt werden kann. Ein potentieller Anwender registriert sich, äußert seinen Wunsch einen Brief zu schreiben und erhält online im Webbrowser ein Textverarbeitungsprogramm, das speziell an seine Bedürfnisse angepasst ist. Damit muss der Anwender keine „überfrachtete“ Vollversionen mehr kaufen, installieren und immer durch Revisionen aktuell halten. Er zahlt vielmehr für den Umfang der

benutzten Funktionen für die Dokumentgröße und die Verbindungsdauer (Beispiel; Staroffice).

Darüber hinaus stellt das WWW eine ständig wachsende Informationsquelle dar, die sowohl von staatlichen als auch privaten Anbietern mit Inhalten aller Art gefüllt wird. Der Zugriff auf diese weltweit verteilten Dokumente ist dabei so leicht und intuitiv, dass man von „Information at your fingertips“ [GAT-99] sprechen kann.

Angefangen hat es 1990 am Kernforschungszentrum in Cern in der Schweiz, als Tim Berners Lee ein Konzept vorstellte, wie man einfacher und schneller auf relevante Daten (Informationen) im Netz zugreifen konnte. Stellvertretend für viele große Einrichtungen war es auch beim CERN mittlerweile ein Problem, die überall im Netz verteilten Informationen schnell genug zu finden. Sie lagen auf verschiedenen Servern, von denen zwar Inhaltsverzeichnisse abgerufen werden konnten, diese aber keine Querverbindungen zu ähnlichen Informationen auf anderen Servern hatten.

Der verbesserte Zugriff bestand in einer *netzartigen Verknüpfung* der Dokumente untereinander. Die Dokumente wurden in der Seitenbeschreibungssprache *Hyper Text Markup Language* (HTML) geschrieben, in der auch die Verknüpfungen zu den anderen Dokumenten realisiert wurden. Jedes Dokument bekam anhand des sogenannten *Uniform Resource Locator* (URL) eine weltweit eindeutige Adresse, die angibt, wo auf welchem Rechner (Webserver) das Dokument liegt. Betrachtete man diese Web-Dokumente, konnte man neben dem eigentlichen Dokumenteninhalt, der jetzt auch Bilder enthalten konnte, diese Verknüpfungen sehen und durch einen einfachen Mausklick weitere Dokumente von anderen Webservern abrufen. Das Programm zum Betrachten der Webdokumente wurde *Browser* genannt, weil damit das „herumstöbern“ (browsen) in weltweit verteilten Dokumenten möglich war. Der Browser sendete dazu im *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP) eine Anforderung an den Webserver, der daraufhin das Dokument übermittelt.

Die notwendige Software zur Errichtung eines Webserver und des Webbrowsers wurden von CERN frei zur Verfügung gestellt. Dieses Konzept überzeugte und in den folgenden Jahren wuchs die Zahl der Webserver exponentiell; das WWW galt als der Motor des Internets. Parallel wurde mit *Mosaic* der erste Browser mit grafischer Oberfläche entwickelt, der in den folgenden Jahren vom *Netscape Navigator* abgelöst wurde. Mit der zunehmenden Verbreitung des PC (und dem Betriebssystem von Microsoft) in den letzten Jahren wurde der Microsoft *Internet Explorer* (IE) immer populärer.



Die Besetzung des zukunftssträchtigen WWW als strategisch wichtigstem Markt (E-Commerce) hat bei vielen IT-Unternehmen oberste Priorität und wird aggressiv verfolgt. In diesem Zusammenhang ist auch die gesetzlich angeordnete Aufsplittung des größten Unternehmens der Welt, Microsoft, zu sehen. Sie ist eine Reaktion auf eine zu aggressive Politik von Microsoft, den Internet Explorer durch die Integration in das Microsoft Betriebssystem als weltweiten Webbrowser-Standard zu etablieren.

Das World Wide Web steht heute als Synonym für das Internet. Es ist aber „nur“ der wichtigste Dienst im Internet. Folgende Faktoren müssen aus heutiger Sicht für den Erfolg des WWW erwähnt werden:

- *Hypermediales Informationsnetz*  
Durch die netzartige Verknüpfung von weltweit verteilten Dokumenten kann auf eine große Informationsmenge zurückgegriffen werden. Mittlerweile haben alle wichtigen Organisationen und Unternehmen eine „Homepage“ im WWW, über die auch zunehmend Dienstleistungen wie Recherchen, Buchungen und Bestellungen abgewickelt werden (E-Commerce).
- *Integration vieler Kommunikationsdienste*  
Im Webbrowser wurden die populären und ehemals eigenständigen Kommunikationsformen wie E-Mail und News integriert. Neben dem Zugriff auf Webdokumente ist der Browser zur „Kommunikationszentrale“ geworden.
- *Multimediafähigkeit durch Plugins*  
Normalerweise kann ein Webbrowser nur Dateien im HTML Format oder in einigen Bildformaten wie z.B. JPG anzeigen. Das Plugin Konzept ermöglicht eine nachträgliche Erweiterung der darstellbaren Formate. Für nahezu jedes Multimediaformat stehen heute entsprechende Plugins zur Verfügung. Sie installieren sich entweder automatisch, wenn der Browser auf ein unbekanntes Format trifft, oder müssen manuell aus dem Netz geladen und installiert werden. Die bekanntesten Plugins sind *Arcobat Reader* zum Darstellen von PDF (Portable Document Format) Formaten, *Quicktime* zum Darstellen von Bildern, Videos und Audio in verschiedensten Formaten, *Cosmo Player* zum Darstellen von dreidimensionalen Welten nach dem VRML (Virtual Reality Modelling Language) Standard sowie *Real Player* zum Abspielen von Videos im „streaming“ Modus, d.h. Videos die - ähnlich dem TV - live empfangen und abgespielt werden (Web-TV).

- *Dynamische Inhalte durch Programmiersprachen*

Anfangs enthielten Webdokumente nicht nur veränderliche, also statische Inhalte. Mit Programmiersprachen wie *Javascript* von Netscape, *Java* von Sun oder *ActiveX* von Microsoft können Webdokumente um dynamische und „intelligente“ Inhalte erweitert werden. Sie ermöglichen Anwendungen von einfachen Taschenrechnern bis hin zu komplexen Animationen und Simulationen.
- *Standardformat HTML*

HTML ist nahezu ein internationaler Standard. Auch wenn es unterschiedliche Ausprägungen wie HTML4, DHTML oder XML gibt, kennzeichnet sie ein gemeinsamer Kern auf der Basis der von HTML3 Spezifikation. Daten in diesem Format können einfach erzeugt werden. Entweder mit sogenannten Editoren oder über eine Exportfunktion, die mittlerweile in fast allen Anwendungsprogrammen enthalten ist. Diese HTML Seiten können dann auch einfach und meist kostenlos über Provider ins Netz gestellt werden. Damit können auch z.B. kleine Büros ihre „Visitenkarte“ und Dienstleistungen im WWW anbieten.
- *Hohe Popularität*

Durch die überwiegend grafische Oberfläche ist ein Webbrowser intuitiv zu bedienen. Darüberhinaus finden sich in vielen Zeitschriften sehr leicht Anleitungen für Anfänger, auch solchen, die ihren Schwerpunkt nicht in Computertechnik oder Internet setzen.
- *Kostenlose Standard-Software*

Für die meisten Anwendungsfälle reicht der Leistungsumfang kostenloser Standard-Software von Webservern und Webbrowsern aus. Sie sind nicht schwer zu bekommen, da sie auf CD-Rom entweder in Zeitschriften mitgeliefert werden oder z.T. auch als Postwurfsendungen in den Briefkasten kommen. Für kommerzielle Anwender, für die die Zuverlässigkeit z.B. des Webserverns besonders wichtig ist, gibt es entsprechend kostenpflichtige „Professional“ Versionen mit z.B. Support oder vertraglichen Garantien.

### 2.3.4 Lernsoftwaretypologien

Aus der Sicht eines Architekten ist nun wichtig, wie Wissen um Licht in der Architektur computerunterstützt vermittelt werden kann, welche Vorteile sich gegenüber der Wissensvermittlung ohne Computer ergeben und auf welche speziellen technologischen Instrumente von Multimedia und WWW dabei zurückgegriffen wird.

Wichtige Ansätze zu einer allgemeinen Klassifizierung liefert eine Übersicht von Lerntheorien und Softwaretypologien (Tabelle 1) und ein Lernsoftwaremodell, das Grade der Interaktionen der Software mit dem Anwender unterscheidet [BAU-94]. Demzufolge gibt es vier Grundtypen von Lernsoftware:

- Visualisierung und Präsentation
- Drill & Practice Systeme
- Tutorielle Systeme
- Simulationen

#### *Visualisierung und Präsentation*

Der niedrigste Grad der Interaktion ist bei der Visualisierung und Präsentation gegeben, in der der Anwender eher ein passiver Betrachter und Konsument ist. Er kann das vermittelte Wissen nur rezipieren, aber nicht, wie bei Simulationen aktiv nachvollziehend oder entdeckend verinnerlichen bzw. verstehen.

#### *Drill & Practice Systeme*

Sogenannte „drill and practice“ oder Computer Aided Instruction (CAI) Programme bilden eine Stufe der Lernprogramme. Sie eignen sich z.B. für das „Eintrichtern“ von Faktenwissen. Solche Programme sind dann auch weniger für das Verstehen und Lernen von komplexen Zusammenhängen geeignet. Der Computer entscheidet in seiner Funktion als „autoritärer“ Lehrer was in welcher Reihenfolge gelernt wird. Klassische Beispiele sind Vokabellernprogramme. Hier wird anhand von einfachen positiven oder negativen Rückmeldungen ein gewünschtes Verhalten (die richtige Vokabel) antrainiert (drill) und durch Wiederholung gefestigt (practice).

Beispiele für solche Lernprogramme sind speziell für die Wissensvermittlung von Lichtwirkungen in der Architektur nicht zu finden. Die Zusammenhänge sind zu komplex, als dass sie sich auf einfache Zuordnungen abbilden ließen. Man könnte sich allerdings vorstellen, dass die Vermittlung von lichttechnischen Grundbegriffen und Gesetzmäßigkeiten, also von lichttechnischem Faktenwissen dadurch erfolgreich vermittelt werden kann. In Anbetracht der Tatsache, dass das Anwendungs- und

Handlungswissen darauf basiert, wäre eine Realisierung daher durchaus sinnvoll, ist aber nicht Bestandteil dieser Arbeit.

### *Tutorielle Systeme*

Sie sind flexibler als „drill and practice“-Programme. Der Computer ist auch kein anweisender Lehrer mehr, sondern vielmehr Tutor, der den Lernenden beobachtet und ihm dabei hilft, mit den richtigen Methoden Lösungen zu entwickeln. Ein bekanntes Beispiel ist z.B. Karl Klammer, der Assistent in den Microsoftprogrammen. Wenn der Anwender z.B. anfängt einen Brief zu verfassen, schlägt er schon mal selbstständig vor, wie man den gerade eingeschlagenen Weg, z.B. zum Formatieren einer Adresse, vereinfachen kann. Darüberhinaus kann man ihm Fragen stellen, z.B. „wie verändere ich den Zeilenabstand“, auf die er dann mit einer gezielten Auswahl aus den Hilfetexten antwortet.

*Intelligente Tutorielle Systeme (ITS)* sind dagegen Programme, die noch besser auf den individuellen Lernenden zugeschnitten sind. Diese Programme setzen sich meist aus sogenannten Agenten zusammen, die u.a. automatisch aus den gegebenen Antworten des Lernenden ein *Benutzerprofil* erstellen, mit dem sie unter Berücksichtigung eines *didaktischen Modells* dann den weiteren Programmablauf intelligent *adaptiv* verändern. „Dies kann z.B. bedeuten, dass Benutzer A beim Einschlagen eines falschen Lösungsweges sofort unterbrochen und korrigiert wird. Im Gegensatz dazu lässt man Benutzer B selbst zur Einsicht kommen, dass er einen falschen Ansatz hatte, da er daraus bestimmte Erkenntnisse gewinnen kann“ [STE-99].

Auch zu dieser Lernform lassen sich zum Gebiet der Lichtwirkung in der Architektur keine Beispiele finden. Am Department Architektur der ETH Zürich wurde 1994 mit der Entwicklung eines System „Alterego“ entwickelt, das die Professur „Architektur und CAAD“ angesichts der erstmaligen CAAD Lehre in der Unterstufe unterstützen sollte. Das ursprüngliche System ist heute allerdings nicht mehr in vollem Umfang online. Man hat die Idee der Software-Agenten zugunsten der Förderung einer Online-Community aufgegeben.

### *Simulationen*

Sie basieren auf einem Ausschnitt der Realität, der in ein berechenbares Computermodell transformiert wurde. Die zugrundeliegenden Parameter können einzeln verändert werden und man erhält eine berechnete neue Konstellation des Modells. Man spricht auch von Programmen, die „dynamisch Modelle von Apparaten, Prozessen und Systemen“ abbilden [SCH-96]. Wichtig ist bei Simulationen, dass man sich der Reduktion auf bestimmte Aspekte eines Objektes oder Zusammenhangs bewusst ist und dass somit von einer Beherrschung der Simulation nicht automatisch auf eine Beherrschung in der realen Umgebung geschlossen werden kann. Simulationen eignen sich jedoch besonders in Situationen, in denen die Beobachtung der Realität z.B. zu teuer oder zu riskant ist. Dies ist z.B. bei Flug- und Fahrsimulatoren der Fall. Diese Simulationen folgen einem *Aktionsmodell*, weil z.B. manuelle Fertigkeiten trainiert werden. *Prozessmodelle* dienen dagegen eher dem Verständnis von abstrakten Zusammenhängen. Als Beispiele sind hier „SimCity“ und „Virtual Frog“ zu nennen, in denen die komplexen Zusammenhänge einer Stadtentwicklung oder die Anatomie eines einfachen Lebewesens nachvollzogen werden können.

Simulationen unterstützen ein *Lernen durch Entdecken*, weil sie die Formulierung und direkte Überprüfung von Annahmen ermöglichen. Allerdings muss der Lernende über ein entsprechendes Vorwissen verfügen, um begründete Hypothesen formulieren zu können. Ansonsten reduzieren sich die Interaktionen auf ein bloßes „Herumprobieren“. Mikrowelten unterscheiden sich zu Simulationen, indem vor der Modellnutzung noch die Modellbildung steht, d.h. z.B. dass die Anzahl der Modellparameter verändert werden kann, im Gegensatz zur geschlossenen Sammlung bei einer Simulation. Dies passt zur Auffassung der konstruktivistischen Lerntheorie, die nicht von einer absoluten Welt ausgehen und die Bildung von individuellen Reflexionen über bestimmte Zusammenhänge fördern wollen. „Bei diesen Programmen gibt es keine vorgegebene Problemstellung, der Benutzer muss also Problemlösungsstrategien für völlig neue Probleme entwickeln. Dabei wird der Ablauf der Programme nur vom Benutzer abhängig gemacht. Der Computer erfüllt die Aufgabe eines kooperierenden Beraters“ [STE-99].

Tabelle 2 Aspekte computerunterstützten Lernens bei unterschiedlichen Lerntheorien

	Behaviorismus	Kognitivismus	Konstruktivismus
Denken, bzw. menschliches Gehirn ist ein(e) ...	Black Box	Informationsverarbeiten der Prozess	geschlossenes Informationssystem
Wissen wird ...	angeeignet	verarbeitet	konstruiert
Wissen ist ...	eine korrekte Ein-/Ausgabe-Relation	ein passender interner Verarbeitungsprozess	mit einer Situation umgehen zu können
Lernen ist ...	Bildung von Reiz-Reaktions-Ketten	Aufbau kognitiver Strukturen	Erwerb von Erfahrungen
Lernziel ist ...	eine (einzige) richtige Antwort zu finden	richtige Methoden zur Antwortfindung erhalten	komplexe Situationen bewältigen
Der Computer ist ein ...	autoritärer Lehrer	Tutor, der beobachtet und hilft	Berater, der kooperiert
Programmablauf wird ...	starr vorgegeben	dynamisch, abhängig vom Lernmodell, erstellt	selbstbestimmt, autonom
Problemstellung und Lösung(en) sind ...	vorgegeben, nur eine richtige Antwort	vorgegeben, mehrere Lösungen möglich	zuerst wird Problem konstruiert, dann Lösung
Lernprogrammtyp	„drill and practice“-Programme	Intelligente Tutorensysteme	Simulationen

Quelle: Steinmetz: Multimedia-Technologie [STE-99] (vom Verfasser leicht überarbeitet)

### 2.3.5 WWW-Dokumenttypen

Für die Implementierung von Lernsoftware im WWW stehen verschiedene Dokumenttypen zur Verfügung. Grundsätzlich kann man feststellen, dass einfach zu erstellende Dokumente, z.B. mit einem Texteditor, weniger Interaktions- und Darstellungsmöglichkeiten bieten als solche, die mit Autorensystemen oder Programmiersprachen erstellt werden.

#### *Einfache HTML-Dokumente*

Mittlerweile verfügt jeder Browser auch über einen HTML-Editor, mit dem ein Benutzer HTML-Dokumente im „WYSIWYG“-Modus (What you see is what you get) erstellen kann ohne Kenntnisse von HTML haben zu müssen. Außerdem bietet

nahezu jedes Layout- oder Schreibprogramm heute eine Exportmöglichkeit nach HTML an. Die Darstellungs- und Interaktionsmöglichkeiten von HTML sind allerdings recht gering. Ohne Plugins und integrierte Scriptsprachen sind nur einfache Hyperlinks auf andere Dokumente oder markierte Stellen innerhalb des Dokuments möglich. Neben Text können nur Bilder in den Standardformaten wie GIF und JPG dargestellt werden. Allerdings können in jeder neuen Generation von Browsern immer mehr Datenformate direkt angezeigt werden, für die vorher noch Plugins erforderlich waren.

### *HTML mit Javascript und CGI*

Javascript ist eine Scriptsprache, die einfache Funktionen ausführen kann, mit der dann die sonst statischen Inhalte eines Webdokumentes dynamisch verändert werden können. Der Scriptcode, der z.B. am Anfang der HTML Seite steht, wird beim Laden des Dokuments ausgeführt und leitet entsprechende Aktionen ein. Javascript ist mit etwas Programmierkenntnissen leicht zu erlernen. Dadurch dass kein Bytecode erzeugt wird, sondern der Code als Text innerhalb des HTML Dokuments enthalten ist, können die vielen Anwendungen im Internet als Anschauungsbeispiele dienen.

Javascripte können mit jedem beliebigen Texteditor und etwas Programmiererfahrung erstellt werden. Spezielle HTML-Editoren wie z.B. Dreamweaver von Macromedia bieten Funktionen an, mit denen diese Scripte auch ohne Programmiererfahrung erstellt werden können.

Die CGI-Technik (Common Gateway Interface) unterscheidet sich von Javascript, weil die Benutzereingaben nicht innerhalb des Dokuments ausgewertet, sondern dazu an einen Webserver gesandt werden. Dort werden Programme gestartet, die dann Resultate z.B. in Form individueller HTML-Dokument an den Benutzer zurücksenden. Solche Funktionen können also nicht lokal und ohne (Internet-) Verbindung ausgeführt werden. Die Möglichkeiten sind umfangreicher als mit Javascript, z.B. ist es möglich, zentrale Datenbanken abzufragen.

### *HTML mit Plugin für PDF-Dokumente*

PDF (Portable Document Format) ist ein Datenformat, das sich zur plattformunabhängigen Speicherung von digitalen Dokumenten eignet, die Text und Bilder enthalten. Im Grunde genommen ist es ein digitales Exemplar eines Printmediums, mit den gleichen Einschränkungen, nämlich dass bewegliche oder dynamische Elemente nicht darstellbar sind. Sie können allerdings in sehr guter Qualität ausgedruckt werden, was dazu führt, dass diese Dokumente selten am Bildschirm gelesen werden. Hervorzuheben ist Volltextsuche und die Möglichkeit, bei der Erstellung des Dokuments umfangreiche Katalogisierungs- und

Archivierungsfunktionen nutzen zu können, mit denen viele Dokumente über eine Datenbank erschlossen werden können. Interaktion ist ausschließlich durch Hyperlinks möglich. Zum Betrachten der Dokumente wird allerdings das Plugin Acrobat benötigt.

### *HTML mit Plugins für Autorensysteme*

Autorensysteme sind im Grunde genommen kleine Baukästen, die verschiedene Bauteile und Interaktionsarten anbieten, mit denen multimediale Daten in ein Gesamtsystem verbunden werden können. Ein klassisches Autorensystem ist das Programm Director von Macromedia. Es unterstützt eine Vielzahl von multimedialen Daten und Interaktionsmöglichkeiten, sodass für die Produktion von CD-Rom basierten WBT meist darauf zurückgegriffen wird. In letzter Zeit wird immer häufiger auch auf Flash, ebenfalls von Macromedia, zurückgegriffen, was vor allem durch eine intelligente Verwaltung von Bildern als Vektorgrafiken die Dateigröße der gesamten Anwendung vergleichsweise klein hält. Mit dem Shockwave oder Flash Plugin können die entsprechend exportierten Anwendungen auch im Browser abgespielt werden, ohne dass der Umfang an Interaktionsmöglichkeiten gegenüber der CD-Rom basierten Lösung eingeschränkt ist. Damit sind die Interaktionsmöglichkeiten gegenüber der reinen HTML Lösung mit Javascript oder CGI noch vielfältiger. Z.B. kann jetzt eine weiche Überblendung zwischen zwei Bildern erzielt werden.

HTML ist ja vom Grundsatz eine Auszeichnungssprache, d.h. Text kann nur *logisch* und *nicht physisch formatiert* werden. Die physische Formatierung, z.B. Schriftstil und Größe, bestimmt der Anwender durch bestimmte Zuordnungen im Browser. Das kann bei Seiten mit viel Text und Bildern zu unerwünschten Seitenumbrüchen und Layoutstörungen führen. Ist das gesamte Layout allerdings Bestandteil eines Shockwave oder Flash Formats, können Benutzereinstellungen nichts ändern und das Layout bleibt genauso, wie es der Autor entwickelt hat. Daher werden solche Formate nicht nur wg. der erweiterten Multimedia- und Interaktionsfähigkeiten eingesetzt, sondern auch, um gestalterisch anspruchsvolle Webdokumente zu erstellen. Ein Nachteil ist allerdings die Dateigröße der Anwendungen. Sie ist trotz effektiver Komprimierungsmethoden und Verteilung auf mehrere Datenpakete für ein schmalbandiges Internet recht hoch.

### *HTML mit Java-Applets*

Applets sind Programme, die in eine HTML-Seite eingebettet sind. Java ist eine fortgeschrittene objektorientierte Programmiersprache (Hochsprache). Damit können individuelle Anwendungen erstellt werden, die in ihrer Komplexität und ihrem Interaktionsgrad denen der Autorensysteme voraus sind. Über die sogenannte „LiveConnect-Schnittstelle“ können Java-Applets zusätzlich mit weiteren Inhalten der



HTML-Seite kommunizieren. Allerdings ist der Herstellungsaufwand entsprechend größer, weil eben eine hochentwickelte objektorientierte Programmiersprache erlernt und eine entsprechende Entwicklungsumgebung individuell eingerichtet werden muss. Der Vorteil ist allerdings, dass der Browser zum Anzeigen der Applets keine Plugins braucht, wie es z.B. bei vielen Autorensystemen notwendig ist. Neue Entwicklungen in Java gehen so weit, dass selbst der Webbrowser als Applet realisiert wird und man damit nicht mehr zwischen einem Anzeigeprogramm und den darzustellenden Daten unterscheiden kann.

Tabelle 3 Lernsoftwaretypologien, Einteilung nach Interaktionsgrad und Produktion

Typ	Interaktionsgrad	überwiegend verwendete Technik	Produktion	Beispiel
Präsentation	einfach	HTML (Text und Bilder)	einfach (Texteditor oder Export)	Licht und Architektur (Farbtafel A5.9)
Visualisierung	(pluginabhängig)	HTML mit Plugins (z.B. Shockwave oder PDF)	mittel (Beherrschung der Autorensysteme, z.B. Director)	ERCO Mockup-Raum (Shockwave, Farbtafel A5.10) ERCO Handbuch der Lichtplanung (PDF, Farbtafel A5.11)
Drill & Test	mittel	HTML mit Javascript oder Plugins (CGI)	mittel (einfache Programmierkenntnisse)	english-zone (Tests mit Javascript, Farbtafel A5.12)
Tutorensystem	hoch	HTML mit Java-Applets	aufwendig (Programmierungsumgebung)	Multibook (Farbtafel A5.13)
Simulation (parametrisiert)	sehr hoch	HTML mit Java-Applets oder Plugins	s.o.	Tauwassersimulation FHM (Shockwave, Farbtafel, A5.14) CG Tübingen (Java, Farbtafel A5.15 u. 16)
Simulation (nicht parametrisiert)	komplex	HTML mit Java-Applets	s.o.	-

Quelle: (Verfasser)

### 2.3.6 Zusammenfassung und Bewertung

Die Bedeutung des computerunterstützten Lernens für Lehre und Ausbildung ist sehr groß. Sie fußt auf den Möglichkeiten multimedialer (Text, Bild, Animation, Video, Ton) und interaktiver Darstellungen und dem Internet bzw. World Wide Web, das diese Darstellungen unterstützt und sie weltweit erreichbar macht [MOE-95]. Dies sind zwei große Vorteile gegenüber herkömmlichen Darstellungsmöglichkeiten der papiergebundenen Printmedien.

Viele Fachbereiche nutzen diese Vorteile und bauen mit diesen Techniken „kleine Vorlesungen“ auf. Sie können die klassische Lernform entlasten, indem sie die notwendigen Präsenzveranstaltungen im Massenbetrieb der Hochschulen auf ein geringes Maß verkleinern und dafür sorgen, dass in den Präsenzveranstaltungen auf individuelle Themen eingegangen werden kann [HRK-96]. Oft wird das Internet allerdings „nur“ als Vertriebskanal für Lernunterlagen benutzt, die jederzeit am heimischen PC heruntergeladen und ausgedruckt werden können. Interaktivität und Multimedialität sind die Potentiale des Internets, sie können nicht auf Papier gebracht werden; sie gilt es, gewinnbringend in ein Curriculum zu integrieren.

Diese Potentiale wurden erst in den letzten Jahren entwickelt. Nachdem diese Voraussetzungen gegeben waren, konnten auch für die Lichtplanung erste webbasierte „kleine Vorlesungen“ entwickelt werden. Zuerst aufgegriffen haben sie die Leuchtenhersteller, die damit natürlich eine marketingstrategische Chance sahen, ihre Kompetenz auf diesem Gebiet zu präsentieren. Das Medium World Wide Web wird hier einer CD-Rom vorgezogen, weil zum einen auf Anhieb ein weltweiter Kundenkreis erreicht werden kann, der zum anderen immer aktuelle Daten erhält, die zum dritten vom Anbieter nur einmal produziert werden müssen. Es sei hier nochmals auf die Webseiten der Leuchtenhersteller Trilux und ERCO hingewiesen, die den derzeitigen Stand von webbasierten interaktiven Präsentationen auf dem Gebiet der architektonischen Lichtplanung zeigen. Deren Interaktivität besteht aus Abrufmöglichkeiten verschiedener Informationen, wie Texten oder visualisierten Lichtwirkungen. Die visualisierten Lichtwirkungen sind durch computerunterstützte Simulationen entstanden. Sie entstehen nicht durch die Eingaben des Benutzers, sie werden vielmehr nur als bereits berechnete Ergebnisse abgerufen. Man kann auch von einem „geschlossenen Magazin“ sprechen, in dem „geblättert“ werden kann, ohne aber Seiten hinzufügen zu können. Das ist gleichbedeutend mit einem passiven Betrachten

und Konsumieren, bedeutet aber nicht zwangsweise ein Verstehen im Sinne des „entdeckendes Lernens“.

Anhand der vorgestellten Lernsoftwaretypologien kann man hier in „Visualisierungen und Präsentationen“ mit einem niedrigen Grad und „Simulationen“ mit einem höheren Grad an Interaktionen unterscheiden [STE-99]. Simulationen eignen sich besonders in Situationen, in denen die Beobachtung der Realität zu teuer oder zu riskant ist, wie z.B. bei Flugsimulatoren. Auch im Bereich der Lichtplanung kann festgehalten werden, dass eine Untersuchung am realen Objekt (Bemusterung) sehr aufwendig und teuer ist. Viele Raumlaborare an Hochschulen können deshalb nicht besonders häufig in Anspruch genommen werden. Nur Simulationen unterstützen ein Lernen durch Entdecken bzw. Anwenden, weil sie die Formulierung und direkte Überprüfung von Annahmen ermöglichen (siehe Kapitel „Handlungsbedarf“). Allerdings muss der Lernende über ein entsprechendes Vorwissen verfügen, um begründete Hypothesen formulieren zu können. Ansonsten reduziert sich die Interaktion auf ein bloßes „Herumprobieren“. Es darf weiterhin nicht außer Acht gelassen werden, dass Lernen eine hohe soziale und persönliche Komponente hat, die auch nicht in den interaktivsten Online-Communities nachbildbar ist oder sein sollte. Bei der Konzipierung eines Lernsystems sollte stattdessen immer darauf geachtet werden, dass nicht einfach das „computerisiert“ wird, was sich auch jetzt schon gut vermitteln lässt, sondern das Lernsysteme dort ansetzen, wo die herkömmlichen Lernformen ihre Grenzen haben. Die Förderung des entdeckenden Lernens in „virtuellen interaktiven Lichtlaboren“ könnte ein entsprechender Ansatz sein (Siehe Kapitel „Handlungsbedarf“). Computerunterstütztes Lernen sollte also als Ergänzung und nicht als Ersatz zum „normalen“ Lernen gesehen werden.

Um dem Anspruch an Interaktivität gerecht zu werden, den man von webbasierten „virtuellen Lichtlabor“ erwarten muß, sind komplexe Computerprogramme sowohl für die Entwicklung als auch für den Betrieb notwendig. Vergleicht man die WWW-Dokumenttypen verschiedener Lernsysteme, so kann festgestellt werden, dass nur über den Einsatz einer objektorientierten Programmiersprache die nötige Interaktion erreicht werden kann. Java scheint in diesem Zusammenhang die zukunftsträchtigste Programmiersprache zu sein.

Als Instrument der Simulation kann für die architektonische Lichtplanung die computerunterstützte Lichtsimulation herangezogen werden [LAR-00], [MOE-99], [KOK-99], [WKO-98, 00]. Sie wird im folgenden Kapitel näher untersucht.