

# **Das Lernen neu erfinden - konstruktivistische Grundlagen einer Multi- media-Didaktik**

Frank Thissen

## **Ein paar Fragen zu Beginn**

Das Lernen neu erfinden - ist das überhaupt möglich? Ist Lernen nicht ein natürlicher Vorgang, der einen Menschen durch Erlebnisse und Erfahrungen dazu bringt, seine Einstellung, sein Wissen und sein Handeln zu verändern? Wenn dies so sein sollte, wie kann man diesen Lernvorgang beschreiben und steuern? Wie kann man ihn verstärken und fördern oder behindern und unterdrücken? Wie kann man das Lernen optimieren? Wie kann man das Lernen lernen? Und wie kann der Pädagoge und Didaktiker den Lerner positiv im Lernprozeß beeinflussen?

Um diese Fragen zu klären, müssen wir uns die Frage stellen, was beim Lernprozeß aus der Sicht des aktuellen wissenschaftlichen Forschungsstandes abläuft. Erst dann können wir verstehen, wie dieser Prozeß optimal gefördert werden kann.

## **Eine traditionelle Unterrichtssituation**

Wie sieht eine traditionelle Unterrichtssituation aus? Der Lehrer, normalerweise ein Spezialist auf seinem Fachgebiet möchte sein Wissen dem Lerner vermitteln. Er weiß, was der Lerner lernen bzw. wissen soll. Er geht normalerweise davon aus, daß es einen optimalen Weg zum Lernziel gibt und versucht, den Stoff so zu präsentieren, daß das Lernziel vom Lerner schnell erreicht werden kann. Dazu analysiert er den zu vermittelnden Stoff und zerteilt ihn in kleinere,

handhabbare Einheiten, die er den Lernern nach und nach zu verabreichen gedenkt. Dabei geht er stets vom Einfachen zum Komplizierten. Diese Lernhäppchen bereitet er auf, indem er sie z.B. visualisiert, d.h. er gestaltet das Lehrmaterial, das ihm der Wissensvermittlung angemessen zu sein scheint. Im Unterricht versucht er, dieses Material seinen Lernern anschaulich nahezubringen. Er versucht, den Ansprüchen eines durchschnittlichen Lerner gerecht zu werden, da er bei einer Klasse selten individuell auf jeden Einzelnen eingehen kann. Durch Wiederholungen soll das Erlernte vertieft werden. Dabei ist der Lehrer weitgehend aktiv und hält alle Fäden in der Hand. Er erwartet, daß die Lerner ihm folgen.

Der Lerner reagiert auf die vielfältigen Aktivitäten des Lehrers und versucht, dessen Wegen zu folgen, sie nachzuvollziehen und ihn zu verstehen. Auf diese Weise sucht er, sich das Wissen des Lehrers anzueignen. Er versucht herauszufinden, was der Lehrer von ihm erwartet und welches Wissen er als Lerner aufnehmen soll. Er versucht, sich Wissen in Form von Regeln (Algorithmen) anzueignen.

### **Neue Technik - neue Qualität ?**

Seit einige Jahren hat der Lehrer, vor allem der in der industriellen Aus- und Weiterbildung tätige Lehrer, ein neues effektiv erscheinendes Hilfsmittel an seiner Seite - den Computer, genauer gesagt: die Multimedia-Technologie. Dies bietet ihm einige Vorteile, die das Lernen flexibler und effektiver erscheinen lassen:

- Der Computer kann eine riesige **Stofffülle** verwalten und anbieten.
- Der Lerner kann nun entscheiden, **wann** er lernen möchte.
- Er kann entscheiden, **wieviele** er auf einmal lernen möchte.
- Er kann die **Lerngeschwindigkeit** bestimmen.
- Er kann entscheiden, wie oft er den Stoff oder Teile davon **wiederholen** möchte.

- Die unterschiedlichsten **Präsentationsarten** des Stoffes (wie Text, Ton, Bild, Animation, Film) erhöhen den Behaltenswert des Gelernten, so heißt es.
- Der Computer stellt sich als der geduldigste und zugleich unerbittlichste Lehrer dar, den es gibt.

Kurzum: das Lernen, vor allem das selbstgesteuerte Lernen, hat durch den Einsatz von Multimedia eine neue Qualität gewonnen.

### **Bekannte Probleme**

Aus dem Unterricht, ob mit oder ohne den Einsatz neuer Medien, sind folgende Probleme hinlänglich bekannt:

- Die Stofffülle erschlägt den Lernenden. Besonders komplexe Themenbereiche erscheinen dem Anfänger kaum handhabbar.
- Trotz aller Bemühungen des Lehrers oder des Computerprogramms wird vieles nicht oder nur sehr unvollständig gelernt.
- Das erlernte Wissen wird schnell wieder vergessen.
- Das erlernte Wissen ist zwar prinzipiell vorhanden, kann aber im konkreten Fall nicht abgerufen und in einer angemessenen Situation angewandt werden. Eine solche Art von Wissen bezeichnet man als „träges Wissen“.
- Das erlernte Wissen kann zwar in der Lernsituation aktiviert werden, ist aber in anderen Situationen nicht anwendbar. Das Wissen kann nicht übertragen werden. Es mangelt an Transfer.

Zur Lösung dieser typischen Probleme hilft auch der Computer nicht grundsätzlich, wenn er im Sinne der oben beschriebenen Didaktik eingesetzt wird. Denn Multimedia ist kein Allheilmittel und keine Lösung, sondern ein Werkzeug, dessen Nutzen von der Art der Anwendung und vom Anwender selbst abhängt.

## **Prämissen der Nürnberger-Trichter-Didaktik**

Meiner Ansicht nach sind für die oben beschriebenen Probleme die folgenden Prämissen, die ich hier kurz herauskristallisieren möchte, verantwortlich.

- Der Lernstoff ist grundsätzlich vermittelbar.
- Der Lehrer / Experte weiß, was der Lerner in Zukunft wissen und deshalb lernen soll. Er weiß, was der Lerner braucht.
- Der Lehrer kennt in etwa den Lernprozeß des Lerners und kann ihn steuern.
- Es gibt eine optimale Stoffvermittlung.
- Wissen läßt sich mit Hilfe der Sprache (Schriftsprache / Bildsprache) vom Lehrer auf den Lerner übertragen.
- Aufgabe des Lehrers ist es, Antworten zu geben.
- Aufgabe des Schülers ist es, den Lernstoff mehr oder weniger passiv aufzunehmen und in seinem Gedächtnis abzuspeichern. Auf diese Weise eignet er sich das Wissen des Lehrers nach und nach an.
- Der Lernstoff ist ein unpersönliches Gebilde, das oft in seiner Komplexität dem Lerner gegenübersteht. Hochwertiges Lernen heißt, viel zu lernen.
- Lernerfolge werden hergestellt durch vielfältige Methoden der Stoffvermittlung, durch sequentielle Verabreichung von Lernhäppchen und durch einen Lernweg, der vom Einfachen zum Komplizierten führt.

In seiner reinen Form kann diese Methodik als Nürnberger-Trichter-Didaktik benannt werden. Es scheint jedoch effektivere Methoden zu geben, einen Stoff, ob es sich um ein medizinisches, ein betriebswirtschaftliches, ein Informatik-Thema oder eine Sprache handelt, zu lehren und zu lernen.

## **Etwas über Paradigmen**

Im Folgenden möchte ich auf einen Paradigmenwechsel eingehen, der in den letzten Jahren stattgefunden hat und auf das Lernen mit neuen Medien äußerst befruchtend wirken kann.

Voraussetzung für jede Didaktik ist das hinter der Didaktik stehende Paradigma. Dieses Paradigma, also die Ansicht, wie Lernen und damit menschliches Erkennen und Wahrnehmen funktioniert, beeinflusst auch die Art, wie gelehrt wird. Nun sind Paradigmen, wie jeder Wissenschaftstheoretiker weiß, keine empirisch beweisbaren Tatsachen, sondern bis zu einem gewissen Grad immer Interpretationen, Einschätzungen, Versuche, etwas zu beschreiben und daraus Grundlagen abzuleiten. Die Paradigmen (die Theorie) bestimmen also direkt das Handeln, das Lehren, die Didaktik, den Unterricht. Sie bestimmen auch die Einstellung des Lehrenden den Lernenden gegenüber sowie die Einstellung der Lernenden und Lehrenden gegenüber dem Lernstoff.

Die Vorstellung vom Lernen prägt das Lehren, die Methode des Lehrens gibt Rückschlüsse auf die Theorie vom Lernen.

## **Konstruktivismus, eine russische Malerschule ?**

Anregungen zu einem neuen Verständnis dessen, was beim menschlichen Lernen - ich konzentriere mich hier auf den Wissenserwerb - abläuft, geben uns neuere Erkenntnisse der Hirnphysiologie, der Neurobiologie, der Kognitionspsychologie, der Linguistik und der Informatik.

Diese Erkenntnisse bringen neues Licht in die Fragestellung, wie das menschliche Gehirn Informationen verarbeitet und als Wissen speichert. Sie sind für die Didaktik und das Lernen mit Multimedia äußerst befruchtend. Um was für Erkenntnisse handelt es sich nun?

## **Das menschliche Gehirn ist ein relativ abgeschlossenes System**

- Das menschliche Hirn ist zu einem sehr großen Teil seiner Aktivität mit sich selbst beschäftigt. Das heißt, daß dieser Anteil von Neuronen ihren Input von anderen Neuronen im Gehirn empfängt. Nur ein verschwindend geringer Teil der Außen- einflüsse haben einen marginalen Einfluß auf die Hirnaktivität. Das Gehirn strukturiert alles Wahrgenommene und interpretiert es permanent.
- Alle von außen über die Sinnesorgane aufgenommenen Informationen bieten dem Gehirn nicht Qualität, sondern allein Quantität. D.h. daß das Gehirn nicht Musik von außen wahrnimmt, sondern Impulse in Form von Nervenreizungen. Der Musikeindruck wird erst im Gehirn erzeugt. Ebenso sehen wir nicht Dinge, sondern unsere Sehzellen werden gereizt und leiten wiederum Impulse an das Hirn weiter. D.h. wir sehen nicht die Dinge, wie sie sind, sondern so, wie unser Gehirn sie interpretiert.
- Das Gehirn strukturiert sich selbst, um dem Individuum ein Überleben zu ermöglichen. Es schafft sich ein Konstrukt der Welt, um damit arbeiten zu können. Damit macht es sich die Welt passend. Oder, wie Piaget sagte, das Gehirn konstruiert nicht, um eine Repräsentation ontologischer Sachverhalte zu erzielen, sondern ein inneres Gleichgewicht zu erreichen und zu erhalten (Äquilibration). Das Kriterium der Welterzeugung ist Viabilität, d.h. Überlebensfähigkeit, nicht Wahrheit.
- Es gibt kein objektives Wissen über die Welt, das Da-Draußen, das Ding-an-sich (Kant), sondern immer nur unsere Wahrnehmung von Welt. Und diese Wahrnehmung der Dinge läßt sich stets nur mit unserer Wahrnehmung von den Dingen vergleichen, nicht mit den Dingen selber.
- Wir sind Erfinder unserer Wirklichkeit.
- Verstehen heißt, sich eine Interpretation aufzubauen, die in Situationen funktioniert.

## **Das menschliche Gehirn organisiert sich netzwerkartig**

- Das menschliche Gehirn besteht aus ca. 20 Milliarden Nervenzellen (Neuronen), die sich gegenseitig durch elektrische Signale aktivieren oder deaktivieren. Diese Schaltungen im Hirn verändern sich permanent, sie scheinen sehr dynamisch zu agieren. Denken heißt, daß sich Neuronen verschalten und dadurch bestimmte Strukturen erzeugen.
- Wissen als Ergebnis von Lernprozessen ist im Gehirn ein komplexes, vernetztes, dynamisches System, das sich in der Vernetzung von Neuronen manifestiert. Wir speichern Muster und Strukturen. Hingewiesen sei hier nur auf das Konzept der *Semantischen Netzwerke* aus der Kognitionspsychologie sowie auf die Theorie der *Kognitiven Landkarten* (cognitive maps), die ebenfalls Wissensstrukturen als dreidimensionales Netzwerk beschreiben.
- Das Gehirn hat die Fähigkeit, sich ständig den Erfordernissen seines Gebrauchs anzupassen (Neuroplastizität).
- Dieses Konstrukt von Welt wird im Lernprozeß verändert und angepaßt. Sämtliche Außeneinflüsse werden entweder in das vorhandene Wissensnetz integriert oder verworfen.
- Individuelle Konstruktionen sind in kulturelle Konstruktionen eingebettet.

## **Sprache kann Konstruktionen nicht übertragen**

- Sprache ist keine Möglichkeit, Wissen zu vermitteln. Ausgetauschte Informationen werden stets interpretiert. „Die Bedeutung eines Wortes ist sein Gebrauch in der Sprache.“ (Ludwig Wittgenstein) Und dieser Gebrauch ist flexibel und vermittelt die Intention des Sprechers, nicht die Bedeutung von Worten. (Grice)

## **Konsequenzen der neuen Paradigmen für das Lernen und Lehren**

Die konstruktivistischen Vorstellungen haben für die Auffassung vom Lernen und Lehren folgende Konsequenzen:

- Lernen ist ein aktiver Prozeß der Wissenskonstruktion, d.h. der Reorganisation und Erweiterung menschlicher Konstrukte. Wissensaufbau entsteht immer nur in Verbindung mit bereits vorhandenem Wissen. Was sich nicht in die vorhandene Struktur einfügen läßt, wird verworfen. Der Lerner muß beim Wissensaufbau aktiv sein, er muß Fragen stellen und sich mit dem angebotenen Material auf seine Weise beschäftigen können. Dem Lerner muß die Gelegenheit gegeben werden, etwas zu tun.
- Lernen ist eine individuelle Konstruktion eines menschlichen Geistes. Aus diesem Grund gibt es so viele eigene und unvorhersehbare Lernwege wie es Lerner gibt.
- Wissen ist nicht vermittelbar. Dem Lehrer ist es unmöglich, seine Kenntnisse dem Lerner direkt weiterzugeben. Vielmehr hilft er dem Lerner durch sein Tun, durch Hinweise, Fragen und Informationen, selbst Wissen zu konstruieren. Dabei kann er diesen Prozeß des Wissenserwerbs nur unvollständig und indirekt steuern. Der Lehrer ist Berater, Anbieter, Coach, Hebamme im sokratischen Sinne. (Als Mäeutik bezeichnet man die sokratische Methode, durch geschicktes Fragen die im Partner schlummern- den, ihm aber nicht bewußten Antworten und Einsichten herauf-zuholen.)
- Es kommt zunächst einmal darauf an, die richtigen Fragen im Lerner zu wecken. Erst wenn echte Fragen im Lerner geweckt sind, setzt sich der Lernprozeß von selbst in Gang. „Das Problem beim Lernen sind die Fragen. Mit den Fragen beginnt das Verstehen. Und Fragen kann man nicht vermitteln, man kann sie weder lehren noch lernen. Fragen kann man sich, genau genommen, nicht einmal stellen; sie stellen sich ein. Erst wenn sich einem eine Frage wirklich stellt, versteht man sie.“ (Gallin/Ruf, S. 37) Bevor der Lerner mit Antworten überhäuft wird, sollte er



die Fragen, das Problem verstehen. Erst danach ist er für den Lernstoff und die Antworten aufnahmebereit.

- Lernschwierigkeiten und Probleme sind nicht möglichst schnell abzustellen, sondern bieten die Chance, die wesentlichen Fragen und damit das Thema tiefer zu verstehen.
- Lernen heißt, mentale, kognitive Landkarten zu konstruieren, die immer mehr detailliert und verfeinert werden. Nicht sequentiell vom Einfachen zum Komplexen voranschreiten, sondern Gesamtstruktur konstruieren lassen, die im Laufe des individuellen Lernprozesses an Schärfe gewinnt, d.h. Gesamtheit vor Detail.
- Eine Kernidee (Konzept von Peter Gallin und Urs Ruf) ist eine vage Andeutung des Ganzen des Stoffes, die dem Lerner das grundsätzliche Wesen des Lernstoffes schemenhaft andeutet. Kernideen sind „ein attraktiver Auftakt eines individuellen Lernprozesses“ (Gallin/Ruf, S. 88). Sie „müssen so beschaffen sein, dass sie in der singulären Welt der Lernerin oder des Lerners Fragen wecken, welche Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Fachgebiet des Unterrichts lenken.“ (Gallin/Ruf, S. 37)
- Der Lehrer wird Forscher, der mit dem Lerner gemeinsam das Stoffgebiet entdeckt.
- Der Lehrer motiviert den Lerner dadurch, daß er seine persönliche Faszination an dem Stoff zu erkennen gibt.
- Der Stoff ist ein dialogisches Gegenüber des Lerners, das im Lehrer oder Lernmedium in jeweils neuer Form erscheint.

### **Merkmale konstruktivistisch geprägter Multimedia-Lernprogramme**

Unter diesem Verständnis von Lernen, das bereits so von Sokrates, Vico, Comenius und in unserem Jahrhundert Montessori und Piaget geteilt wird, erfährt der Einsatz der Multimedia-Technologie eine neue Bedeutung. Multimedia ist keine Qualität an sich, sondern lediglich Hilfsmittel. Ebenso wie das Ersetzen der Schiefertafel

durch eine Schreibheft keine direkte Verbesserung darstellt, bringt der Einsatz von Multimedia allein wenig Nutzen. Wenn aber Multimedia nicht als weiteres Werkzeug zum Training und Pattern Drill genutzt wird, sondern als Möglichkeit, den Lerner Erfahrungen sammeln zu lassen und ihm bei der Wissenskonstruktion zu helfen, bieten sich faszinierende Möglichkeiten.

Diese neue Qualität beschreiben die Worte Lernwelt und Lernumgebung. Effektive Lernprogramme bieten dem Lerner Welten, in denen er sich bewegen kann, in denen er Muster findet, Strukturen, denen er nachgehen kann, Anregungen, die in ihm Fragen erzeugen und ihm helfen, Antworten zu finden. Sie überhäufen ihn nicht mit in einer bestimmten Reihenfolge dargebotenen „Fakten“ sondern helfen ihm, Dinge zu entdecken, sein Netzwerk im Kopf zu erweitern oder umzustrukturieren.

Thesenartig formuliert sehe ich als Merkmale neuer Lernprogramme:

- Das Lernprogramm ist nicht Instrument zur Wissensvermittlung, sondern reflektierendes System. Es überhäuft seinen Benutzer nicht mit Antworten, sondern hilft ihm zunächst, Fragen zu stellen, Fragen zu verstehen und die Problematik der Materie zu erfassen, bevor Antworten entdeckt werden können.
- Das Programm hilft dem Benutzer, sich emotional und geistig auf das Thema einzulassen. Es fordert ihn als Gesamtperson heraus. Es versucht, den krassen Gegensatz von Informationsanbieter und Informationsrezipienten (= Lerner) zu überwinden. Es inszeniert authentische Begegnungen mit dem Themengebiet, anstatt Stoff zu vermitteln. Es bietet Provokationen, die zur Auseinandersetzung mit dem Thema führen und ohne die es kein echtes Verstehen gibt.
- Das Programm schafft authentische und situative Erfahrungswelten, die dem Lerner helfen, Wissen zu konstruieren. Es bietet ihm Mittel zur Reflexion und Abstraktion.

- Das Programm bietet Strukturen an, die dem Lerner Anknüpfungspunkte (Anker) bieten. Hier kann er seine Vorkenntnisse aktivieren und neue Informationen aufnehmen.
- Das Programm aktiviert den Lerner so stark wie möglich. Dabei ist es ein Werkzeug neben anderen zum aktiven Konstruieren von Wissensstrukturen. Es ist ein hilfreiches, nützliches und leicht adaptierbares Hilfsmittel zur Unterstützung von Lernprozessen.
- Das Lernsystem ist Partner, Berater, Coach.
- Das Programm hilft dem Benutzer, seinen individuellen Lernweg reflektierend wahrzunehmen.

Erste Ansätze finden sich in folgenden Lernumgebungen:

**Simulationen** bilden komplexe Zusammenhänge ab und ermöglichen dem Lerner, Dinge auszuprobieren und dadurch Zusammenhänge eines Systems zu erkennen. Durch das Verändern von Parametern des Systems kann er immanente Strukturen entdecken und ein kognitives Modell aufbauen und überprüfen. Simulationen stellen meist sehr konkrete realistische Situationen dar. Ihr hoher motivatorischer Gehalt liegt in der sofortigen Reaktion des Systems auf Aktionen des Lerners.

**Planspiele** integrieren den Lernenden in ein System, das er nicht wie bei Simulationen von außen steuert, sondern in dem er als Mitspieler ein aktiver Bestandteil ist. Durch den Spiel- und Wettbewerbscharakter ist eine hohe emotionale Aktivierung des Lerners gewährleistet. Das Planspiel bietet eine hohe Authentizität.

**Mikrowelten** bieten dem Lerner eine Umgebung, die erforscht werden will. Im Gegensatz zu Planspielen und Simulationen fällt es dem Lerner in Mikrowelten häufig schwerer, sich zurechtzufinden. Er muß selbst die Anforderungen an ihn herausfinden, die Fragestellungen entdecken.

## **Fazit**

Lernen ist nicht Übernahme von Wissen, sondern aktives Aufbauen von Wissensstrukturen, ein aktives Konstruieren. Dieses Paradigma gibt dem Lerner einen völlig anderen Stellenwert als den, den er innerhalb der Nürnberger-Trichter-Didaktik innehat. Gleichzeitig sind die scheinbaren Einflußmöglichkeiten des Lehrers stark reduziert und seine Tätigkeit komplizierter geworden. Wenn er die Illusion aufgibt, Wissen über Sprache vermitteln und den Lernprozeß des Lerners direkt steuern zu können, findet er sich in einer qualitativ neuen Rolle wieder. Er ist zum Helfer geworden, ja sogar zu demjenigen, der die Haltung des Wissens über ein Gebiet aufgegeben hat und mit dem Lerner zusammen zum Forscher wird. Diese Rolle des Lehrers erfordert viel Phantasie und Mut. Beide, Lerner und Lehrer, erleben nun den Lernstoff auf eine Weise, die sie emotional und existentiell stark beteiligt.

Für die Ersteller von Lernprogrammen bieten sich neue Perspektiven. Seine Möglichkeiten sind vielfältiger und vielschichtiger geworden, stellen aber wesentlich höhere Anforderungen. Die Erstellung komplexer Lernwelten erfordern ein hohes Maß an Phantasie und Kreativität an den Ersteller. Der Nutzen komplexer Lernwelten steht allerdings auch in proportionalem Verhältnis zum Aufwand.

Zusammengefaßt lautet die Erkenntnis: Lernen ist die aktive Auseinandersetzung eines Individuums mit der Welt und den Dingen mit dem Ziel, ein Konstrukt aufzubauen, das das Individuum in einen stabilen Zustand versetzt. Oder, um es mit den Worten Jean Piagets zu sagen:

„Die Intelligenz organisiert die Welt, indem sie sich selbst organisiert.“  
(Glaserfeld 1997, S. 51)

Es sieht so aus, daß die Kombination des hier beschriebenen Paradigmenwechsels in der Didaktik mit der modernen Multimedia-Technologie uns in naher Zukunft neue spannende und sehr effiziente Lernerfahrungen bieten wird. Vor dem Hintergrund der immer kürzer werdenden Halbwertszeit der Nutzbarkeit des erworbenen Wissens

und der Notwendigkeit des lebenslangen Lernens (life long learning) scheint dies auch dringend notwendig zu sein.

### **Literaturliste**

- John R. Anderson, Kognitive Psychologie, Heidelberg 2. Aufl. 1996
- Heinz Arzberger / Karl-Heinz Brehm (Hgg.), Computerunterstützte Lernumgebungen, Erlangen 1994
- Peter Baumgartner / Sabine Payr, Lernen mit Software, Innsbruck 1994
- Walter Edelmann, Lernpsychologie, Weinheim 4. Aufl. 1994
- Hans Rudi Fischer (Hg.), Autopoiesis, Heidelberg 2. Aufl. 1993
- Peter Gallin / Urs Ruf, Sprache und Mathematik in der Schule, Zürich 3. Aufl. 1993
- Ernst von Glasersfeld, Radikaler Konstruktivismus, Frankfurt/M. 1996
- Ernst von Glasersfeld, Wege des Wissens, Heidelberg 1997
- Paul Grice, Logik und Konversation, in: Georg Meggle (Hg.), Handlung, Kommunikation, Bedeutung, Frankfurt/M. 1979
- Heinz Gumin / Heinrich Meier (Hgg.), Einführung in den Konstruktivismus, München 2. Aufl. 1995
- Uwe Lehnert, Der EDV-Dozent, München 1995
- Humberto R. Maturana / Francisco J. Varela, Der Baum der Erkenntnis, Bern 1987
- Karl R. Popper / John C. Eccles, Das Gehirn und sein Ich, München 11. Aufl. 1994
- Manfred Spitzer, Geist im Netz, Heidelberg 1996
- Frederic Vester, Neuland des Denkens, München 7. Aufl. 1991
- Reinhard Voß (Hg.), Die Schule neu erfinden, Neuwied 1996

Dieser Vortrag wurde veröffentlicht in:

Uwe Beck / Winfried Sommer (Hgg.), LEARNTEC 97.  
Europäischer Kongreß für Bildungstechnologie und betriebliche  
Bildung. Tagungsband, Karlsruhe 1997, S. 69-79

Adresse des Autors:

Prof. Dr. Frank Thissen  
frank.thissen@karlsruhe.de