

# 2 Die Konzeption von E-Learning: Wissenschaftliche Theorien, Modelle und Befunde

## 2.1

### Instruktionsdesign: Die Idee

Instruktionsdesign (Instructional Design, ID) hat sich seit den späten fünfziger Jahren in Nordamerika und später in den übrigen englischsprachigen Ländern, aber auch in den Niederlanden, Belgien und Finnland als wissenschaftlich-technologische Teildisziplin der pädagogischen Psychologie bzw. der empirischen Erziehungswissenschaft entwickelt. Die Grundidee war stets die systematische und vor allem die differenzierte Anwendung pädagogisch-psychologischer Prinzipien bei der Konzeption von Lerngelegenheiten bzw. Lernumgebungen.

„Instruktion“ bezeichnet jedes systematische Arrangement von Umgebungsbedingungen, das geeignet ist, Kompetenzen zu fördern (vgl. Resnick, 1987, S.51). „Instruktion“ ist damit deutlich weiter gefasst als „Unterricht“ oder „Lehre“.

Dem 2002 verstorbenen Robert M. Gagné – unbestrittener Vater der „Instruktionsdesign“-Idee – ging es in erster Linie um die Ablösung von Vorstellungen von *der* richtigen Lehrmethode durch eine Konzeption, die versucht, für unterschiedliche Kategorien von Lernaufgaben und unterschiedliche Lernvoraussetzungen und Rahmenbedingungen die jeweils (relativ) bestgeeignete Lernumgebung zu finden.

Offensichtlich ist die Proklamation der einen richtigen Lernumgebung bis heute virulent. Anfang der neunziger Jahre wurden *konstruktivistische Lernumgebungen* mit missionarischem Eifer propagiert, heute sehen einige in *offenen Lernumgebungen* die Lösung. Diese Konzepte sind dabei keineswegs generell ungeeignet, sie sind lediglich *nicht generell* geeignet.

Dass Lernprozesse (stochastischen) Gesetzmäßigkeiten unterliegen, wird wohl von keinem wissenschaftlich arbeitenden Psychologen in Zweifel gezogen, eher schon weckt die aktuelle neurobiologische Forschung geradezu beklemmende Zweifel an der

*Unterschiedliche Bedingungen  
erfordern unterschiedliches Vorgehen*

Rationalität unseres selbstbestimmten Handelns (z. B. Roth, 2000). Gleichzeitig ist klar, dass die Funktionszusammenhänge zwischen den Variablen externer und interner (individueller) Lernvoraussetzungen hoch komplex sind und zu vielen Zusammenhängen ökologisch valide empirische Befunde fehlen. Deshalb aber auf eine Fundierung der Konzeption von Lernumgebungen durch Befunde der Kognitionswissenschaften und der Psychologie zu verzichten, wäre vergleichbar dem Verzicht auf Befunde aus Biologie, Chemie und Physik in der Medizin.

#### *Empirische Befunde*

Es gibt klare empirische Befunde aus systematisch kontrollierten und in der Regel replizierten Untersuchungen, die Folgendes zeigen:

- Beim Begriffslernen beeinflussen die Anzahl, Art und Zusammenstellung von Positiv- und Negativbeispielen des zu lernenden Begriffs die Qualität des Lern-Ergebnisses, und es existiert eine optimale Strategie für die Präsentation von Beispielen (Tennyson & Park, 1980).
- Die gleichzeitige Präsentation von gesprochenem und geschriebenem Text zur Erläuterung eines Sachverhalts, der durch eine Animation veranschaulicht wird, hat im Durchschnitt schlechtere Lern-Ergebnisse zur Folge als lediglich gesprochener Text (Mayer, 2001; s. auch Kap. 12).
- Das Zugrundelegen einer individuellen Bezugsnormorientierung bei Rückmeldungen steigert im Mittel deutlich die Lernmotivation von Schülern im Vergleich zur üblichen sozialen Bezugsnormorientierung (Mischo & Rheinberg, 1995; Rheinberg et al., 2000; s. auch Kap. 12).
- Bilder, Animationen oder Geschichten, die nichts zur Erklärung der intendierten Sachverhalte beitragen, sondern lediglich „irgendwie motivieren“ sollen, behindern eher als fördern das Behalten und Verstehen des Lehrstoffs (Mayer, 2001; s. auch Kap. 12).
- Die Platzierung erklärender Texte innerhalb des Abbildes eines technischen oder biologischen Gegenstandes führt im Durchschnitt zu deutlich besseren Lernerfolgen als die Platzierung außerhalb der Grafik (daneben, darunter, auf der vorgehenden oder der folgenden Seite), auch wenn letztere Variante meist als ästhetisch besser gilt und daher intuitiv vorgezogen wird (Sweller, 1999; s. auch Kap. 12).

Sofern nun diese Aussagen weder widerlegt noch durch theoretisch wohlbegründete Annahmen bestätigt werden, ist es vernünftig, die

entsprechenden Prinzipien der Bildung von Empfehlungen für die didaktische Konzeption zugrunde zu legen und bis auf Weiteres anzuwenden. Die Gültigkeit der deskriptiven Aussagen (aus der Grundlagenforschung) ersetzt dabei nicht die empirische Prüfung der Effektivität der technologischen Regeln. Solange dies nicht geschehen ist, handelt es sich lediglich um begründete hypothetische Annahmen.

Instruktionsdesign-Theorien bzw. -Modelle bestehen in ihrem Kern aus technologischen Aussagen, die beanspruchen, durch deskriptive, stochastisch-gesetzmäßige Aussagen (meist aus der psychologischen Forschung) fundiert zu sein. Die wissenschaftstheoretische Diskussion zur Anwendung nomothetischer bzw. gesetzesähnlicher stochastischer Aussagen kann hier nicht angemessen wiedergegeben werden. Wissenschaftstheoretisch interessierte Leser seien daher verwiesen auf die Beiträge von Bunge (1998), Herrmann (1994) und speziell für die Erziehungswissenschaft auf die Beiträge in Krapp & Heiland (1981) sowie das Werk von Alisch (1995). Ohne Rekurs auf diese und andere einschlägige Arbeiten ist eine seriöse wissenschaftstheoretische Bewertung technologischer Theorieansätze in der pädagogischen Psychologie und der Erziehungswissenschaft nicht möglich. Die schlichte Behauptung, man könne aus nomothetischen Gesetzmäßigkeiten keine technologischen Hypothesen begründen, ist abwegig. Auch hier trägt die Analogie zur Medizin: Wahrscheinlich resultieren die meisten neuen Ideen für Pharmaka und Therapiepläne aus der biologischen und chemischen angewandten Grundlagenforschung. Die Wirksamkeit der „technologisch transformierten“ Aussagen muss aber stets eigenen empirischen Überprüfungen standhalten:

Wenn z. B. ein Krankheitssymptom nachweislich auf dem Mangel an einem bestimmten Hormon beruht, so folgt daraus nicht unbedingt, dass die richtige Therapie darin besteht, einfach dieses Hormon zuzuführen. Man wird aber auf der Basis des grundlagenwissenschaftlichen Wissens eine Vorgehensweise suchen, die geeignet ist, den Hormonmangel mit möglichst geringen Nebenwirkungen auszugleichen.

Die theoretische Orientierung an der Psychologie als Grundlagenwissenschaft bleibt auch bei neueren Forschungsstrategien wie den „Design-Experimenten“ oder dem „Integrierten Forschungsparadigma“ (Fischer et al., 2003) erhalten. Diskutiert wird aktuell, wie die Forschung organisiert werden kann, damit sich psychologische Laborforschung und empirisch-pädagogische Feldforschung optimal ergänzen.

Für die Einordnung von Instruktionsdesign-Modellen bzw. zur Zuordnung der Empfehlungen innerhalb von ID-Modellen ist die

*Technologische Aussagen*

*Analogie zur Medizin  
als angewandte Wissenschaft*

Inhaltlich-technologische Aussagen

Operativ-technologische Aussagen

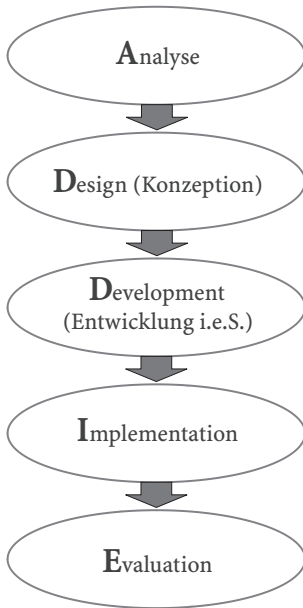


Abb. 2.1: Instructional System Design: ADDIE-Modell

Unterscheidung inhaltlich-technologischer und operativ-technologischer Aussagen wichtig:

*Inhaltlich-technologische Aussagen* geben u. a. an, wie etwas beschaffen sein muss oder was getan werden muss, wenn eine bestimmte Wirkung bezweckt wird. *Operativ-technologische Aussagen* bzw. Theorien oder Modelle beziehen sich auf die Effizienz der Vorgehensweise in der Entwurfsphase.

Im Bereich der Planung und Konzeption von Lernumgebungen sind dies insbesondere Instructional-System-Design-Modelle, die seit Mitte der sechziger Jahre verwendet werden (Gustafson & Branch, 2002). Kern ist eine systematische Koordination der Entwicklungsphasen Analyse, Design (Konzeption), Entwicklung im engeren Sinne (Development), Implementierung sowie Evaluation, wobei die Evaluation sowohl formativ wie summativ erfolgt. Vielleicht wäre es zweckmäßig, Evaluation heute durch „Qualitätssicherung“ als umfassenderen Begriff zu ersetzen. Diese Modelle werden auch als ADDIE-Modelle bezeichnet, wobei ADDIE für die Abkürzung der fünf Entwicklungsphasen steht (s. Abb. 2.1).

Design (Konzeption) bezieht sich auf alle Situationen, in denen eine Entscheidung zur Gestaltung oder Vorgehensweise erforderlich ist. Die Lösung jedes Designproblems umfasst dabei zweckmäßigerweise folgende Schritte (vgl. Simon, 1996):

- Suche nach alternativen Möglichkeiten
- Analyse jeder Lösungsalternative hinsichtlich Kosten, Nutzen, Konsequenzen (Seiteneffekte)
- Festlegung einer geeigneten Entscheidungsprozedur
- Entscheidung für eine bestimmte Alternative

Andere Modelle geben Empfehlungen, wie der Designprozess zu handhaben ist, z. B. die sukzessive Durchführung von Bedarfsanalyse, Wissensanalyse, Adressaten- und Kontextanalyse, die anschließende Definition von Zielen, die Entwicklung von Evaluationsinstrumenten und die Berücksichtigung der Beziehungen zwischen den Resultaten der durchgeführten Analysen und den weiteren Ebenen der Designentscheidungen.

Die Betonung der Differenzierung didaktischer Entscheidungen nach Merkmalen der Aufgabenstellung wie auch der hohe Stellenwert der Lernvoraussetzungen (Berücksichtigung des notwendigen Vorwissens und der benötigten Fähigkeiten) erfordert zwingend eine systematische und stets aufwändige Wissens- bzw. Aufgabenanalyse – ein Erfordernis, das in der Praxis viel zu oft missachtet wird. Im Folgenden skizzieren wir einige Instruktionsdesign-Modelle.

## 2.2 Instruktionsdesign: Das Ur-Modell

Im „Ur-Modell“ des Instruktionsdesigns von Gagné sind beide Arten technologischer Theorien vereinigt: Grundprinzipien des Instruktionsdesigns nach Gagné et al. (1987) sind die Sicherung der Lernvoraussetzungen für die jeweils folgenden Lehrinhalte einerseits und die Differenzierung der didaktischen Prozesse nach unterschiedlichen Lehrzielkategorien andererseits.

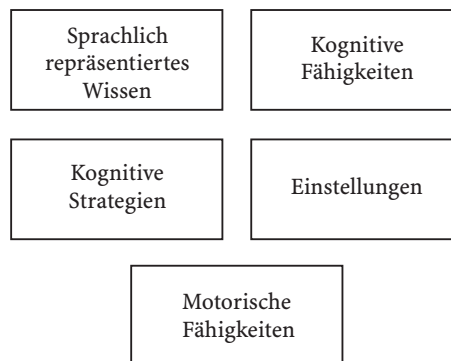
„Lernvoraussetzungen“ steht hier insbesondere für das Wissen, das notwendigerweise bereits erworben sein muss, um einen neuen Lehrinhalt erlernen zu können: So ist z. B. die Kenntnis der Addition und der Subtraktion erforderlich, um die Multiplikation und die Division zu erlernen. Das Verstehen einer Problemlösestrategie erfordert die Kenntnis bestimmter Regeln oder Prinzipien.

*Lernvoraussetzungen*

Von einem bestimmten Lehrziel aus rückwärts gehend, lässt sich eine Hierarchie von Lernvoraussetzungen konstruieren, wobei jede noch nicht beherrschte Lernvoraussetzung selbst ein Lehrziel darstellt, das zwingend vor dem übergeordneten Lehrziel vermittelt werden muss (Lehrzielhierarchie). Eine solche Vorgehensweise erfordert eine Kategorisierung der zu erwerbenden Fähigkeiten. Gagné (1985) unterscheidet fünf Lehrzielkategorien: Sprachlich repräsentiertes Wissen, kognitive Fähigkeiten, kognitive Strategien (mit fünf Unterkategorien), Einstellungen und motorische Fähigkeiten (s. Abb. 2.2).

*Lehrzielhierarchie*

Zu Beginn jeder Planung und Entwicklung von Lernumgebungen müssen die zu vermittelnden Fähigkeiten anhand dieser Kategorien analysiert werden, da die Art der empfohlenen Vorgehensweise (Lehrschritte) je nach Kategorie variiert.



*Abb. 2.2: Fünf Lehrzielkategorien nach Gagné et al. (1988)*

*Lehrschritte*

Nach Kategorisierung der erwünschten Lernresultate werden die jeweils geeigneten Lehrmethoden empfohlen. Entsprechend den Phasen eines Lernprozesses unterscheiden Gagné (1985) bzw. Gagné et al. (1987) eine spezifische Abfolge von „events of instruction“ (Lehr-Ereignissen), im Folgenden als Lehrschritte bezeichnet.

*Innere und äußere Lernbedingungen*

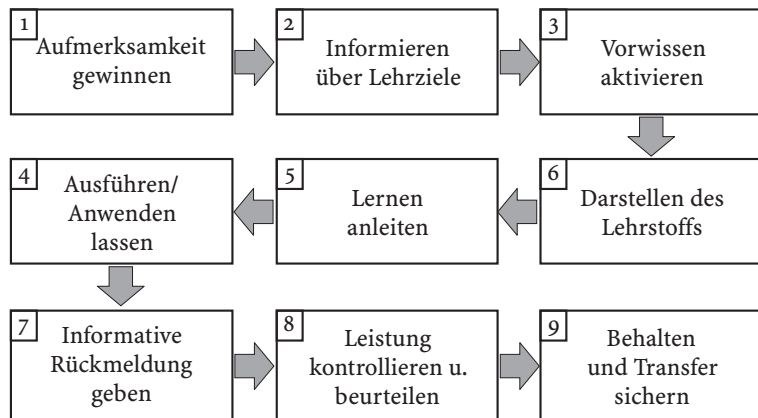
*Arten erlernbarer Fähigkeiten*

Für Gagné repräsentieren diese Lehrschritte die inneren und äußeren Lernbedingungen, die erforderlich sind, um sich die verschiedenen Arten erlernbarer Fähigkeiten anzueignen: Aufmerksamkeit gewinnen, Informieren über die Lehrziele, Vorwissen aktivieren, Darstellung des Lehrstoffs mit den charakteristischen Merkmalen, Lernen anleiten, ausführen bzw. anwenden lassen, informative Rückmeldung geben, Leistung kontrollieren und beurteilen, Behalten und Transfer sichern (s. Abb. 2.3). Eine für die Praxis wichtige Weiterentwicklung des Modells legten Dick & Carey (1996) vor.

*Einschätzung der ID-Theorien von Gagné, Briggs und Wagner*

Die Instruktionsdesign-Theorie von Gagné, Briggs und Wagner sowie das ID-Modell von Dick & Carey wurden ohne spezielle Berücksichtigung des Lehrens und Lernens mit Medien entwickelt, sie enthalten daher keine Hinweise für medienspezifische Designentscheidungen. Beide Ansätze eignen sich jedoch auch für die Entwicklung multimedialer Kurse, insbesondere wenn Lernende neu in einen Lehrstoff eingeführt werden sollen. Möglich ist auch eine Kombination mit einem situationistischen Modell, das mit realitätsbezogenen Aufgaben arbeitet: In einem EU-Projekt zur Ausbildung von Katastrophenschutz-Fachleuten wurden z. B. die Lehrschritte 4 (Darstellung der Lehrinhalte) bis 7 (Informative Rückmeldungen) durch ein computerbasiertes Szenario realisiert.

*Abb. 2.3: Die neun Lehrschritte nach Gagné et al. (1988)*



Es hat sich gezeigt, dass eine ausschließlich hierarchisch orientierte Sequenzierung des Lehrstoffs nicht immer optimal ist. In einer empirischen Vergleichsstudie mit einer alternativen ID-Theorie (Case, 1978), bei der das Vermeiden einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses im Vordergrund stand, erwies sich letztere als überlegen (Sander, 1986). Weitere Ausführungen zur Sequenzierung finden sich in Kapitel 6.

## 2.3 Weitere Modelle der ersten Generation

In den siebziger Jahren wurde eine ganze Reihe von Instruktionsdesign-Modellen entwickelt, von denen die meisten heute lediglich historische Bedeutung haben. Auf eine Darstellung kann daher hier verzichtet werden.

Viele Modelle hatten nicht den gesamten Designprozess im Visier, sondern zielten auf bestimmte Teilaspekte: die Sequenzierung der Inhalte, das Lehren von Begriffen, das Vermitteln von Regeln, u. Ä. Bis heute bedeutsam ist das Modell von J. Keller mit systematischen Empfehlungen zur Motivierung Lernender, auf das später ausführlicher eingegangen wird (s. Kap. 13).

Eine ausführliche Zusammenstellung der Theorien und Modelle der „ersten Generation“ des Instruktionsdesigns bietet ein Sammelband von Reigeluth (1983). Eine interessante Ergänzung dazu ist ein weiterer Sammelband des gleichen Autors, in dem ein Teil der Autoren aus dem ersten Sammelband gebeten wurde, zu einem vorgegebenen, für alle gleichen Thema (Lichtbrechung, Prismen) jeweils einen Unterrichtsentwurf auf der Basis ihres Modells zu entwickeln (Reigeluth, 1987).

## 2.4 Zweite Generation und situationistische Modelle

### 2.4.1 Kritik am Instruktionsdesign

Ende der achtziger Jahre gerieten die bis dahin entwickelten Instruktionsdesign-Modelle unter Kritik. Die wichtigsten Vorwürfe betrafen (a) eine zu hohe Rigidität der Empfehlungen, welche die didaktische Kreativität der Autoren einschränke, und (b) die Produktion „trägen Wissens“.

*Rigidität der Empfehlungen*

Gegen den ersten Kritikpunkt kann eingewandt werden, dass niemand gezwungen ist, die Modelle quasi wörtlich umzusetzen. Auch eine Kombination der Elemente unterschiedlicher Modelle war stets möglich.

*Träges Wissen*

Schwerwiegender war der zweite Vorwurf. Tatsächlich empfohlen die seinerzeit vorliegenden Modelle nahezu ausschließlich Formen direkter Instruktion und sahen Formen des kooperativen Lernens nicht vor. Wissen, das abstrahiert dargeboten wird, kann von den Lernenden oft nicht ohne weiteres beim Lösen von Problemen angewendet werden, es handelt sich um „träges Wissen“ (Renkl, 1994); oft wird gar nicht erkannt, dass man grundsätzlich über einschlägiges Wissen verfügt.

In der Folgezeit wurden einerseits neue didaktische Modelle entwickelt, die auf selbständiges Entdecken, Aktivitäten der Lernenden, unmittelbare Rückmeldung, multiperspektivische Sichtweisen und kooperatives bzw. kollaboratives Lernen abzielten.

*Revision älterer ID-Modelle*

Andererseits wurden aber auch einige der älteren Modelle revidiert. Da es sich bei diesen Modellen oft um „lokale Modelle“ handelt, die lediglich bestimmte Aspekte des Instruktionsdesigns thematisieren, sind Kombinationen von Modellkomponenten möglich. Außerdem gibt es gute Gründe, Modelle „direkter Instruktion“ unter geeigneten Bedingungen weiterhin einzusetzen. Es lohnt sich daher, sich auch mit einigen der älteren Modelle vertraut zu machen.

## 2.4.2

### **Merrills Instructional-Transaction-Theorie**

Die Instructional-Transaction-Theorie (ITT) ist eine Weiterentwicklung der von M. David Merrill seit den siebziger Jahren entwickelten Component Display Theory (CDT, Merrill, 1983). In dieser Theorie ging es darum, die Komponenten zu identifizieren, aus denen Lehrstrategien konstruiert werden können. Sie lieferte Strategieempfehlungen für unterschiedliche (kognitive) Lehrzielkategorien im Sinne jeweils optimaler Kombinationen der angesprochenen Komponenten.

*Nur kognitive Lehrziele*

Die Instructional-Transaction-Theory (Merrill, 1999) beschränkt sich wie ihre Vorläuferin auf kognitive Lehrziele. Sie ist ganzheitlicher, weniger analytisch orientiert als die CDT. Als „instructional transaction“ bezeichnet Merrill eine Instruktionsstrategie, die alle Bedingungen des Lernens im Gagné'schen Sinne für eine bestimmte Zielkategorie erfüllt.

*Wissensanalyse*

Besonders wichtig ist jeweils eine umfassende und exakte Wissensanalyse. Vier grundlegende Typen von „Wissensobjekten“ wer-



den unterschieden: Entitäten (entities), Eigenschaften, Aktivitäten und Prozesse. „Entitäten“ repräsentieren Objekte der realen Welt (z. B. Personen, Tiere, Geräte, Plätze, Symbole) wie auch abstrakte Begriffe (z. B. Demokratie, Pressefreiheit, Unendlichkeit). „Eigenschaften“ repräsentieren qualitative oder quantitative Merkmalausprägungen der Entitäten. „Aktivitäten“ sind Handlungen, die ein Lerner ausführen kann, um Objekte zu manipulieren. „Prozesse“ stehen für Ereignisse, die zu Veränderungen der Eigenschaften von Entitäten führen. Prozesse können durch Aktivitäten oder andere Prozesse beeinflusst werden.

Merrill unterscheidet 13 Klassen von Transaktionen (ausführliche Erklärungen in Merrill et al., 1992):

13 Klassen von Transaktionen

- *Identifizieren (identify)*: Teile einer Entität erinnern und benennen
- *Ausführen (execute)*: Schritte einer Aktivität erinnern und ausführen
- *Verstehen, Erklären (interpret)*: Erklären von Prozessen durch Gesetzmäßigkeiten (z. B. Naturgesetze)
- *Urteilen (judge)* Bewerten, Rangfolgen bilden
- *Klassifizieren (classify)*: Sortieren von Objekten, Beispielen (instances)
- *Verallgemeinern (generalize)*: Klassen bilden, Gruppieren von Objekten, Beispielen (instances)
- *Entscheiden (decide)*: Wählen zwischen Alternativen
- *Transfer (transfer)*: Übertragen auf neue Situationen
- *Ausbreiten (propagate)*: Erwerb von Fertigkeiten im Kontext des Erwerbs anderer Fertigkeiten; Generalisieren von Fertigkeiten
- *Analogien (analogize)*: Erwerb von Wissen oder Können in Bezug auf Aktivitäten, Ereignisse oder Aktivitäten anhand der Ähnlichkeit zu anderen Aktivitäten usw.
- *Ersetzen (substitute)*: Erweiterung einer bestimmten Aktivität, um eine andere Aktivität zu erlernen
- *Konzipieren (design)*: Eine neue Aktivität erfinden, einführen
- *Entdecken (discover)*: Einen neuen Prozess entdecken

Öffentlich demonstrierte Beispiele von Lernprogrammen, die auf der Basis der ITT erzeugt worden sind, beziehen sich insbesondere auf Wissen und Fertigkeiten im Zusammenhang mit der

Bedienung, Wartung und Reparatur von Maschinen und Anlagen; berichtet wird allerdings auch von einer Dorfsimulation.

*Ziele von ITT*

Die Ziele von ITT sind:

- Wirksame Instruktion durch präzise Aussagen über die zum Erreichen eines bestimmten Lehrziels erforderlichen Interaktionen
- Effiziente Instruktionentwicklung durch kürzere Entwicklungszeiten auf der Grundlage der algorithmischen Struktur der Theorie und Nutzung der entwickelten Softwarewerkzeuge
- Entwicklung hochinteraktiver Lernumgebungen mit Simulationsmöglichkeiten und Anleitungen für die Lernenden
- Die Konzeption und Produktion wirklich individuell adaptiver Instruktion

*Begriffsnetzdarstellung*

Bei der Entwicklung einer interaktiven Lernumgebung wird zunächst im Rahmen der Wissensanalyse eine Art Begriffsnetz der Prozesse, Entitäten (mit ihren Eigenschaften und deren Wertigkeiten) und Aktivitäten (PEAnet) entwickelt. Eine solche PEAnet-Darstellung ermöglicht es, einen Simulationsalgorithmus zu entwerfen (simulation engine), der die Grundlage aller Lernumgebungen sein kann, die auf einer entsprechenden PEAnet-Repräsentation basieren. Der Simulationsalgorithmus überwacht die Handlungen (meist Mausaktivitäten), interpretiert diese, prüft die Bedingungen des Prozesses, der durch die jeweilige Aktivität beeinflusst wird, und führt gegebenenfalls den Prozess aus. Die geänderten Eigenschaftsausprägungen werden auf dem Bildschirm in geeigneter Form dargestellt. Die so entwickelten Simulationen erlauben den Lernern sowohl schwerwiegende Fehler als auch ein Rückgängigmachen von Handlungen. Da sich bloßes Explorieren jedoch als ineffizient erwiesen hat, werden unterschiedliche Formen von Anleitung und Beratung implementiert: propädeutische Instruktion, Demonstration, Handlungsunterstützung (scaffolding) sowie Erklärungen zu exploratorischem Lernerverhalten; Lernende können auch Fragen stellen. Schließlich werden auch Fähigkeiten zur Fehlererkennung und Fehlerbeseitigung (trouble-shooting skills) gefördert. Durch Konzeption unterschiedlicher Lehrstrategien für unterschiedliche Lernermerkmale (Motivation, Interesse, Vorwissen usw.) kann eine Lernumgebung, die auf der Basis der Instructional-Transaction-Theorie entwickelt wurde, adaptiv gestaltet werden.

*Einschätzung von ITT*

Merrills Modell steht historisch in enger Beziehung zur Entwicklung des computerbasierten Trainings (CBT), u. a. wurden eine Reihe von CBTs für die Aus- und Fortbildung von Militärangehö-

rigen anhand dieses Modells entwickelt und erfolgreich eingesetzt; bevorzugte Lehrstoffe waren die Bedienung, Wartung und Reparatur von Maschinen und elektronischen Geräten sowie Klassifizierungsaufgaben (z. B. Erkennen von Schiffs- und Flugzeugtypen). Für solche Lehrstoffe kann Merrills Ansatz sehr effizient sein. Eine Entwicklung umfassenderer Lernumgebungen nach diesem Ansatz ist nicht bekannt. Das Modell besticht durch die Stringenz und Klarheit seiner Empfehlungen. Die andere Seite der Medaille ist jedoch eine gewisse Rigidität, die allerdings nur dann von Nachteil ist, wenn dadurch bessere Alternativen verhindert werden.

Merrills Methode der Wissensanalyse kann auch beim Instruktionsdesign, das sich an anderen Theorien oder Modellen orientiert, sehr nützlich sein.

### 2.4.3

#### **Projektmethode – Multimedial und an Geschichten verankert**

Ein inzwischen vielfach bewährter Ansatz explorativen Instruktionsdesigns wurde Anfang der neunziger Jahre unter der Bezeichnung „Anchored Instruction“ bekannt: Ein Modell, das im Wesentlichen von der Forschergruppe um Bransford (Bransford et al., 1990) bzw. der Cognition and Technology Group at Vanderbilt (Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1991, 1992) entwickelt wurde. Ausgangspunkt war wie beim Cognitive-Apprenticeship-Modell (s. u.) unmittelbar die Kritik an der Produktion „trägen Wissens“ durch den typischen lehrerzentrierten Unterricht, der überwiegend abstraktes Wissen, getrennt von Anwendungssituationen, lehrt.

*Anchored Instruction*

Das Konzept des Anchored-Instruction-Modells stellt den Versuch dar, die Anwendbarkeit von Wissen zu verbessern, wobei zentrales Merkmal ein narrativer Anker ist, der Interesse wecken und die Aufmerksamkeit auf das Wahrnehmen und Verstehen der gestellten Probleme lenken soll. Die gegebenen Problemsituationen stellen dabei komplexe, aber nachvollziehbare Kontexte in narrativer Form dar, die unterschiedliche Fachbereiche tangieren und variable Perspektiven bieten.

Erste wissenschaftliche Untersuchungen zur Lernwirksamkeit solcher Lernumgebungen wurden mit Hilfe der Abenteuergeschichten des Jasper Woodbury durchgeführt (Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1997). Diese Geschichten sind jeweils Bestandteil einer technologiebasierten Lernumgebung zur Lösung mathematischer und anderer Problemstellungen und wurden im Wesentlichen nach sieben Gestaltungsprinzipien konzipiert:

*„Jasper Woodbury Geschichten“*

### *Sieben Gestaltungsprinzipien*

- Verwendung von audiovisuellen Medien (Videofilm)
- Narrative Struktur (Einbettung der Aufgaben und Problemstellungen in eine zusammenhängende Geschichte)
- Das Lösen komplexer, oft interdisziplinär konstruierter Probleme
- Einbettung aller relevanten Informationen in die Geschichte
- Sinnvolle Komplexität
- Jeweils zwei Geschichten zur gleichen Thematik zwecks Förderung des Abstrahierens
- Herstellung von Verknüpfungen zwischen verschiedenen Wissensdomänen

Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Medieneinsatz geeignete Bedingungen dafür schaffen kann, realitätsnahe Probleme erfolgreich zu bearbeiten, neue Situationen zu entdecken und selbstgesteuert neue Fertigkeiten und Fähigkeiten zu erwerben. In Bezug zu herkömmlichen Unterrichtsmethoden erinnert das Anchored-Instruction-Modell stark an den Projektunterricht in seiner didaktisch sinnvollen Form, wobei durch den Medieneinsatz auch Erfahrungsbereiche erschlossen werden können, die den Lernenden sonst nicht verfügbar sind.

### *Weiterentwicklung*

Das ursprüngliche Modell wurde inzwischen zu einem Modell für die Entwicklung flexibel adaptiver Lernumgebungen weiterentwickelt und präzisiert (Schwartz et al., 1999).

Ziel des Ansatzes ist es, ein tiefes Verständnis für die jeweiligen Fachdisziplinen zu erreichen und gleichzeitig Problemlösefähigkeit sowie Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit zu fördern. Diese Ziele sollen erreicht werden durch die Anwendung von „problembasiertem Lernen“, gefolgt von offenerem „projektbasiertem Lernen“. Im Einzelnen liegen der Konzeption folgende Zielvorstellungen zugrunde:

### *Ziele von Anchored Instruction*

- Hilfen für Lernende und Lehrende beim Verständnis des Wesentlichen
- Individuelle Anpassung der Lehrmaßnahmen an das vorhandene Vorwissen der Lernenden
- Vermittlung unterschiedlicher Sicht- und Herangehensweisen in Bezug auf die jeweiligen Lehrinhalte
- Verwendung von Methoden, die einerseits mit lern- und instruktionspsychologischen Prinzipien übereinstimmen, ande-

rerseits hinreichend flexibel sind: Lehrende sollen im Rahmen dieser Prinzipien Lehrmethoden so zuschneiden können, dass sie ihren eigenen Stärken, den Bedürfnissen der Lernenden und den Ansprüchen der Gesellschaft gleichermaßen genügen

- Erhöhung der Ambiguitätstoleranz der Lernenden, d. h. der Fähigkeit, scheinbar oder tatsächlich Widersprüchliches zu ertragen; z. B. das Nebeneinanderbestehen unterschiedlicher Theorien
- „Aufhängen“ neuer Lehreinheiten an subjektiv sinnvollen, möglichst authentischen Aufgabenstellungen
- Förderung des Setzens eigener Ziele seitens der Lernenden, selbst regulierte Exploration und Revision in Lernen und Instruktion
- Motivieren durch Anregung der Neugier und Induktion von Erwartungshaltungen; motivieren zu ständiger Revision und Verbesserung der Lernleistungen
- Hilfe für Lernende, ihre Lernfortschritte zu erkennen und zu reflektieren
- Ständige Weiterentwicklung der Lehrmethoden
- Orientierung der Instruktionmethoden an Lernfunktionen, nicht an den verfügbaren Medien
- Lernergruppe unterstützen, ein gemeinsames (shared) mentales Modell des jeweiligen Lerngegenstands zu entwickeln
- Lernende überzeugen, ihre Ideen explizit mitzuteilen
- Instruktionsdesign in Kooperation mit Lehrenden und Lernenden entwickeln

Sowohl als Anleitung als auch als Sammlung von Werkzeugen für die Verwendung des Designmodells wurde eine anpassungsfähige Softwareumgebung entwickelt (STAR LEGACY) (Schwartz et al., 1999, S. 190 ff.).

Die Methodik des Ansatzes umfasst insbesondere folgende Phasen und Prinzipien:

1. *Vorausschau und rückblickende Reflexion*: Ziele, Kontext und Anforderungen des Unterrichts sollen von allen verstanden werden. Die Lernumgebung muss Gelegenheiten bieten, vorhandenes Wissen und vorhandene Fähigkeiten in der Lehr-Lernsituation auszuprobieren. Die Aufgabenstellungen und ihre Bearbeitung sollen auch Möglichkeiten für die Lernenden bieten, über sich selbst zu reflektieren und sich selbst zu bewerten.

*Pädagogische Methodik*

Bestandteil der ersten Phase sind auch interessante Folgen von Bildern, Erzählungen und offenen Fragen. Die Lernumgebung soll Lernenden helfen, das spezielle Problem als Prototyp einer Kategorie von Problemen zu begreifen.

2. *Konfrontation mit dem Einstiegsproblem (initial challenge)*: Das Einstiegsproblem soll so gewählt werden, dass Lernende ein gemeinsames (shared) mentales Modell des Lerngegenstands entwickeln können. Die Aufgabenstellung muss hinreichend interessant sein und sich dazu eignen, die Lernenden zu eigenen Ideen anzuregen.
3. *Ideenproduktion*: Nach der Konfrontation mit dem Einstiegsproblem werden Ideen gesammelt und aufgeschrieben; ein spezielles Softwareprogramm kann hierbei helfen. Es kommt insbesondere darauf an, dass (a) die Lernenden ihr Denken explizit machen, (b) erkennen, was andere denken und (c) ermutigt werden, eigene Gedanken in der Lerngruppe mitzuteilen. Wichtig ist auch, dass (d) die Lehrenden den Wissensstand der Lernenden leichter diagnostizieren können und (e) die Lernenden selbst Grundlagen für das Erkennen ihrer eigenen Lernfortschritte entwickeln.
4. *Multiple Perspektiven*: Es muss deutlich werden, dass es in dem jeweiligen Fachgebiet unterschiedliche Sichtweisen gibt. Lernenden soll die Möglichkeit geboten werden, die Terminologie und die Denkweise von Experten kennen zu lernen und ihre eigenen Ideen damit zu vergleichen. Auch die Vermittlung realistischer Leistungsstandards wird angestrebt.
5. *Recherchieren, explorieren und verbessern*: Wichtig ist die Nutzung unterschiedlicher Informationsquellen, die Zusammenarbeit mit anderen Lernenden und die Verwendung der Arbeitsergebnisse anderer. In dieser Phase können unterschiedlichste Instruktionsmethoden eingesetzt werden, vom Lehrvortrag über Gruppenarbeit, Leitprogramme, Videos bis zum webbasierten kooperativen Lernen.
6. *Selbsttests*: Sobald Lernende sich dem gewachsen fühlen, sollen sie ihren Leistungsstand testen können. Dazu sollten vielfältige Testformen angeboten werden: Multiple-Choice-Tests, Kurzaufsätze, Gelegenheiten, eigene Problemlösungsansätze zu erproben, etc. Die Rückmeldungen müssen Vorschläge zum lückenschließenden Lernen beinhalten. Zur Selbstbewertung (z. B. bei Essays) können Checklisten und Musterlösungen angeboten werden. Lernende sollen dazu angehalten werden, zu recher-



chieren und ihre Arbeiten zu verbessern. Etwas zu verbessern soll nicht als Strafe für Fehler, sondern als normaler Bestandteil alltäglichen Arbeitens, auch von Experten, begriffen werden. Feedback soll stets motivierend sein.

7. *Öffentliche Darstellung*: Wenn Selbsttests hinreichende Fähigkeiten gezeigt haben, sollen Arbeitsergebnisse präsentiert werden. Zwei Möglichkeiten: (a) Präsentieren der besten Lösungen (Darstellung im Netz, Erstellen einer gemeinsamen Multimedia-Präsentation, mündlicher Vortrag); (b) Erstellen einer Dokumentation mit Tipps und Ideen für Lernende, die das gleiche Projekt später bearbeiten werden.
8. *Fortschreitende Vertiefung*: Es gibt jeweils drei, thematisch zusammenhängende, aufeinander aufbauende Problemaufgaben zunehmender Schwierigkeit. Am Ende kann zum Beispiel eine komplexe Projektaufgabe stehen. Innerhalb jeder Aufgabe wird methodisch der gleiche Lernzyklus durchlaufen (Punkte 2 bis 7).
9. *Allgemeine Reflexion und Entscheidungen über Dokumentationen*: Nach Durchlaufen der drei Lernzyklen erfolgt ein Rückblick auf den Lernprozess; u. a. wird dabei auf die Ideensammlungen zu Beginn jedes Zyklus zurückgegriffen, um den Lernenden ihre Lernfortschritte deutlich zu machen; die Lernenden können sich so selbst als erfolgreiche Lerner erleben. Gerade anfangs verwirrende und frustrierende Situationen sollen reflektiert werden; im Zusammenhang mit späteren Erfolgen zeigen sie, dass es sich gelohnt hat, durchzuhalten. Auf dieser Grundlage können die Lernenden dann entscheiden, welche Erfahrungen sie für spätere Lernergenerationen auf einer CD-ROM dokumentieren möchten. Auch Lehrende sollten ihre Eindrücke, Erfahrungen und Lern-Ergebnisse dokumentieren.

Das Modell eines anpassungsfähigen Instruktionsdesigns mit einem Softwaresystem, das anleitet und Hilfen gibt, ist neu. Die Autoren berichten jedoch über sehr positive Resonanz bei Lehrern und Schülern beim Einsatz in allgemein bildenden Schulen wie auch bei Weiterbildungsfachleuten aus Betrieben und Instruktionsdesignern. Die Entwicklung einer derartigen Lernumgebung ist allerdings sehr aufwändig, was aber für alle situationistischen Lernumgebungen gilt. Das Modell scheint besonders gut geeignet für schulische Bereiche, eventuell auch für die berufliche Erstausbildung, vor allem dann, wenn Lehrinhalte aus unterschiedlichen Domänen miteinander verknüpft vermittelt werden sollen (Idee des fachübergreifenden Projektunterrichts).

*Einschätzung des Ansatzes*

URL Aktuelle Informationen und Praxisbeispiele zu dem Modell findet man unter <http://peabody.vanderbilt.edu/ctrs/lisi/>.

#### 2.4.4 Cognitive Apprenticeship – Lernen von den (alten) Meistern

*Meisterlehre –  
Übertragung auf Schulstoff*

Wegen der Analogie ihres Modells zur traditionellen Handwerkslehre haben Brown und Duguid (Brown et al., 1989) ihr Modell als „Cognitive-Apprenticeship-Ansatz“ bezeichnet. Sie gehen davon aus, dass die Lernenden nach anfänglicher starker Stützung durch einen Lehrer oder Tutor (Meister) Schritt für Schritt mehr in die eigene Selbständigkeit entlassen werden. Damit soll sichergestellt werden, dass zu Anfang das neue Wissen oder neue Verhalten adäquat erworben und dann aber auch selbstgesteuert und selbstkontrolliert genutzt bzw. ausgeführt werden kann.

Die konkrete Vorgehensweise setzt sich zusammen aus sechs Lehrschritten. Die ersten drei Schritte umfassen Modeling, Coaching und Scaffolding und dienen im Einzelnen dazu, neues Wissen und neue Verhaltensweisen zu erwerben. Die zwei nächsten sind Articulation und Reflection. Sie dienen dazu in bewusster und kontrollierter Weise mit dem neu Gelernten auch schon selbst gesteuert umzugehen. Der letzte Schritt, Exploration, betont vor allem die Autonomie der Lernenden in der Vorgehensweise wie auch in der Definition und Formulierung von Problemen.

*Sechs Lehrschrritte*

Die Schritte im Einzelnen:

- *Modeling*: Hier führt ein Experte eine Problemlösung, Vorgehensweise usw. so vor, dass er von den Lernenden dabei umfassend beobachtet werden kann. Dabei wird erwartet, dass die Lernenden auf dieser Basis ein eigenes konzeptuelles Modell der erforderlichen Schritte und Prozesse entwickeln, das es ihnen später erlaubt, die Handlungen selbst auszuführen. Zu den Aufgaben des Experten gehört es auch, über die sonst nur intern ablaufenden Strategien und Prozesse zu berichten und sie zu begründen.
- *Coaching*: Führen die Lernenden im nächsten Schritt die Verhaltensweisen selbst aus, werden sie von einem Experten direkt betreut. Er prüft ihr Vorgehen, gibt ihnen Rückmeldungen, aber auch Tipps, erinnert sie an fehlende Komponenten und macht gelegentlich auch einzelne Schritte noch einmal vor. Er agiert ähnlich wie ein guter Trainer oder Coach im Sport.
- *Scaffolding*: Dieser Schritt setzt voraus, dass der Experte bzw. Lehrer in der Lage ist, die beim Lernenden bereits entwickelte



Fähigkeit sehr genau einschätzen zu können, um zu beurteilen, wie viel die Lernenden schon selbst können und wie viel noch übernommen oder unterstützt werden muss. Das heißt, hier geht es um eine Kooperation zwischen Lehrer und Schüler, die dem Schüler bereits so viel Selbständigkeit wie möglich zubilligt. Zu dieser Methode gehört daher auch, dass der Lehrer/Experte sich Schritt für Schritt zurückzieht oder ausblendet (Fading).

- *Articulation*: Artikulation bedeutet, dass all das gefördert wird, was dazu dienen kann, das eigene Wissen, Denken und konkrete problemlösende Vorgehen frei zu artikulieren. Dazu können gezielte Fragen dienen, aber auch die Aufforderung, etwas neu zu definieren (Redefining) oder mit eigenen Worten wiederzugeben.
- *Reflection*: Die Reflektion soll Lernende in die Lage versetzen, ihr eigenes Wissen, ihre eigene Vorgehensweise im Vergleich zu einem Experten oder anderen Lernenden zu bewerten. Dazu ist es häufig erforderlich, sich das eigene Wissen oder Vorgehen bewusst zu machen und diesen Prozess durch geeignete Betrachtungstechniken – zu denen auch Videoaufzeichnungen gehören können – zu unterstützen.
- *Exploration*: Selbständige Exploration stellt in gewisser Weise das Endstadium des Cognitive-Apprenticeship-Ansatzes dar, nachdem sich der Lehrer/Experte komplett ausgeblendet, also zurückgezogen hat. Der Lernende sollte jetzt in der Lage sein, zu einem Sachverhalt die richtigen Fragen zu stellen, den richtigen Bezugsrahmen zu finden und die richtigen Antworten zu generieren.

Der gesamte Einsatz dieser sechs Lehrschritte ist im Zusammenhang mit anderen Vorgehensweisen zu sehen. So spielt sicherlich die richtige praxisbezogene Situierung auch hier eine wichtige Rolle und auch die Nutzung unterschiedlicher Perspektiven und Kontexte ist wichtig.

Explizit angesprochen wird im Cognitive-Apprenticeship-Ansatz auch ein Aspekt der Sequenzierung des Lehrstoffs. Danach sollte die Komplexität des zu erwerbenden Wissens bzw. der zu erwerbenden Fähigkeiten stetig ansteigen. Das bedeutet auch, dass mit geringer Komplexität begonnen wird. Das Gleiche gilt für die Variabilität von Vorgehensweisen, Strategien und Fähigkeiten, die es zu lernen gilt. Damit soll auch eine zu enge kontextuelle Bindung verhindert und die Transferwahrscheinlichkeit verbessert werden. Die letzte Empfehlung bezieht sich auf die zeitlich voranzustel-

*Sequenzierung*

lende Präsentation einer globalen Perspektive – ähnlich wie in der Elaborationstheorie (zooming) –, bevor dann eher lokale Aspekte beachtet werden. Die globale Perspektive soll helfen, zuerst ein integratives konzeptuelles Modell des betreffenden gesamten Wissens oder der gesamten Handlung aufzubauen. Dadurch wird auch gewährleistet, dass das Zusammenspiel der einzelnen Teilkomponenten richtig gesehen werden kann.

*Einschätzung des Ansatzes*

Cognitive Apprenticeship (CA) ist vermutlich das international meist beachtete ID-Modell. Es handelt sich nicht um einen rein explorativen Ansatz, sondern CA beginnt stets expositorisch. Eine Reihe von multimedialen Lernumgebungen wurde nach diesem Modell entwickelt (z. B. Al-Diban & Seel, 1999), obwohl es zunächst für den lehrerorientierten Unterricht gedacht war. Cognitive Apprenticeship gilt als empirisch bewährt. Besonders geeignet ist das Modell für die Einführung in neue Lehrstoffe, vor allem wenn kognitiv-prozedurales Lernen im Vordergrund steht. Die Freiheitsgrade der Lernenden sind zu Beginn des Lernprozesses relativ gering, jedoch wird die externe Steuerung sukzessive zurückgenommen.

#### **2.4.5 „Learning by Doing“ in „Goal-Based Scenarios“**

Ziel der Methode der „Goal-Based Scenarios (GBS)“ ist die Förderung von Fertigkeiten (Können) und der Erwerb von Faktenwissen im Kontext möglicher Anwendungen. Dazu werden Aufgabenstellungen entwickelt, die den realen Problemstellungen, mit denen Lernende außerhalb der Lernumgebung zu tun haben, (zumindest strukturell) ähnlich sind.

*E-Learning auf der Basis von Stories*

Theoretischer Hintergrund der Konzeption sind die früheren Forschungsarbeiten von R. Schank im Bereich von Kognitionspsychologie und Künstlicher Intelligenz, insbesondere zur Bedeutung von „stories“ für die Gedächtnisorganisation. Stories sind Berichte über typisierte Handlungsabläufe und dabei auftretende unerwartete oder erwartungswidrige Ereignisse (Schank, 1998). Besonders nachhaltige Lernprozesse werden ausgelöst, wenn Erwartungen, wie sie bei der Verfolgung eines Handlungsziels bzw. der entsprechenden Handlungsplanung generiert werden, enttäuscht werden (expectation failures): Das Bedürfnis nach einer Erklärung ist dann besonders stark und die Bedingungen für effektives Lernen demzufolge besonders günstig. Bei späteren Versuchen, ein ähnliches Problem zu lösen, bewahrt die Erinnerung an einen Fall früheren Scheiterns und die Erklärung dafür oft vor weiteren Fehlschlä-

gen (Learning by Doing). Lernwirksam ist allerdings auch, wenn Lernende einen möglichen Fehler antizipieren und zum richtigen Zeitpunkt die richtigen Fragen stellen (Schank et al., 1999, S. 170 ff.).

Das Instruktionsdesign-Modell „Goal-Based Szenarios“ umfasst sieben wesentliche Komponenten:

1. *Lernziele*: Unterschieden werden: (a) prozedurales Wissen (process knowledge) und (b) Inhaltswissen (content knowledge). Unabdingbar ist seitens der Designer eine klare Vorstellung von dem, was gelernt werden soll: Was sollen Lernende am Ende *können* und welches Wissen benötigen sie dazu?
2. *Ein (Arbeits- oder Erkundungs-) Auftrag (mission)*: Der Auftrag wird erteilt, um eine Situation zu konstruieren, in der Lernende ein Ziel verfolgen und Pläne machen: Die entsprechende Aufgabe soll für die Lernenden attraktiv (interessant) und halbwegs realistisch sein.
3. *Eine Coverstory (Rahmenhandlung)*: Sie muss den Kontext für den Auftrag (mission) liefern und die Relevanz der Aufgabenstellung vermitteln. Im Verlauf der Coverstory müssen hinreichend Gelegenheiten geboten werden, um Fertigkeiten zu üben, und Anreize, sich Information zu beschaffen (Wissen erwerben). Auch die Coverstory muss für die Lernenden hinreichend interessant sein.
4. *Die Rolle des Lernenden*: Die Rolle, die dem Lernenden im Rahmen der Coverstory zugeordnet ist, muss so konzipiert werden, dass die notwendigen Fertigkeiten und das Wissen im Verlauf des Rollenhandelns benutzt werden. Jede Rolle eines Lernenden muss motivierend sein, d. h. interessant und hinreichend attraktiv.
5. *Die Szenario-Handlungen des Lernenden*: Alle Handlungen, die der Lernende ausführt, müssen eng auf den Auftrag (mission) und die Ziele bezogen sein. Der Handlungsverlauf muss Entscheidungen vorsehen, deren jeweilige Konsequenzen deutlich dargestellt werden. In den Handlungsfolgen sollen für den Lernenden Fortschritte im Hinblick auf die Auftrags Erfüllung erkennbar sein. Bei negativen Konsequenzen muss klar sein, dass es sich um unerwartete oder erwartungswidrige Ereignisse handelt. Wichtig ist auch, dass das Szenario nicht zu wenige Handlungen von den Lernenden fordert; allerdings sollten auch nicht mehr Handlungen enthalten sein, als die Zielerreichung erfordert; d. h., auf rein ausschmückende Handlungsalternativen sollte verzichtet werden.

*Sieben wesentliche Komponenten*

6. *Die Ressourcen*: Alle Informationen, die Lernende benötigen, um den Auftrag auszuführen, müssen zur Verfügung gestellt werden. Sie müssen gut strukturiert und leicht zugänglich sein. Informationen werden wiederum am besten in Form von Geschichten (stories) angeboten; Wissen und Fertigkeiten werden so am günstigsten registriert; die verwendeten „stories“ sollten jeweils als Besonderheiten bekannter Handlungsabläufe verständlich sein.
7. *Rückmeldungen (Feedback)*: Sie müssen situationsbezogen und „just in time“ gegeben werden, damit erwartungswidrige Ereignisse mit den relevanten Kontextbedingungen entsprechend verknüpft werden können und Lernende sie im Handlungsverlauf sogleich berücksichtigen können. Rückmeldungen können auf dreierlei Arten gegeben werden: (a) durch Konfrontation mit den Handlungsfolgen (man sieht z. B., dass etwas wie erwartet funktioniert bzw. dass das Erwartete nicht eintritt); (b) durch multimedial präsentierte „Coaches“ (bei einem Fehler startet eine Videosequenz, in der ein Experte erläutert, weshalb z. B. eine eingeschlagene Vorgehensweise nicht zum Erfolg führen kann bzw. weshalb der Weg richtig ist) und (c) durch Berichte von Inhaltsexperten über ähnliche Erfahrungen (Videosequenz oder auch angezeigter Text).

#### *Einschätzung des Ansatzes*

Das GBS-Modell liefert Anleitungen zu wesentlichen Aspekten multimedialen projektbasierten Lernens. R. Schank und seine Mitarbeiter haben auf der Basis dieses Modells eine Reihe multimedialer Lernumgebungen für Unternehmen, Organisationen und Universitäten entwickelt (Schank, 2002). Die publizierten Berichte sprechen von positiv verlaufenen Evaluationen. Im Vergleich zu „Anchored Instruction“ ist beim GBS-Modell das Ausmaß an Führung (Anleitung) durch das Medium deutlich höher, wobei die Einschränkungen der Selbstregulation funktional begründet sind. Das Modell ist besonders geeignet für die Hochschullehre und die berufliche Weiterbildung in kognitiv anspruchsvollen Domänen. Interessant ist es aber auch, weil es eine Reihe herauslösbarer didaktischer Designideen enthält, z. B.:

- Fragenbasierte Navigation: Es gibt in vielen GBS keinen „Weiter“-Button. Lernende müssen sich jeweils überlegen, zu welcher der angebotenen Fragen sie gerne Informationen hätten.
- Die Vermittlung des für die Problemlösungen erforderlichen Wissens durch virtuelle Experteninterviews (Videosequenzen)
- Verschiedene Ideen zur Verbesserung der Interaktion

## 2.4.6

### Ein Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modell (4C/ID) für das Training komplexer Fähigkeiten

Speziell für das Training komplexer kognitiver Fähigkeiten, z. B. in technischen Fachbereichen und im Management, entwickelten J. van Merriënboer und S. Dijkstra ein Instruktionsdesign-Modell (van Merriënboer, 1997; van Merriënboer & Dijkstra, 1997). Komplexe kognitive Fähigkeiten zeichnen sich dadurch aus, dass der Aufbau entsprechender Expertise relativ lange Zeit benötigt und sich Fachleute in diesen Bereichen sehr deutlich von Laien unterscheiden; typische Beispiele sind die Fähigkeiten von Fluglotsen, professionellen Softwareentwicklern oder – ganz spezifisch – die Fähigkeit von Ärzten, Diagnosen anhand bildgebender Verfahren, z. B. CT, MR, US, durchzuführen. Das Modell bezieht sich explizit auf Training, d. h., im Vordergrund steht die Vermittlung von Handlungswissen. Der Erwerb von Wissen ist dem funktional untergeordnet: Wissen wird dabei nicht um seiner selbst willen vermittelt.

*Problemlösen lernen*

Das Modell basiert auf kognitionspsychologischen Theorien des Lernens und Denkens. Die Vorgehensweise umfasst jeweils vier Schritte oder Ebenen:

*Kognitionspsychologische Fundierung:  
vier Ebenen*

1. Dekomposition (Zerlegung) der zu vermittelnden Fähigkeit (Kompetenz) in ihre konstitutiven Teilfähigkeiten (Teilkompetenzen)
2. Analyse der konstitutiven Fähigkeiten und das entsprechende Wissen, das erforderlich ist, um die einzelnen Fähigkeiten anwenden zu können
3. Auswahl von Instruktionmethoden sowohl für das Üben der Teilaufgaben und der kompletten Aufgaben als auch für die Vermittlung des erforderlichen Wissens
4. Komposition (Zusammenstellung) der Trainingsstrategie bzw. die Entwicklung der Lernumgebung

Auf jeder Ebene sind analytisch oder konzeptionell jeweils vier Designkomponenten (daher der Name) zu berücksichtigen (vgl. Abb. 2.4):

- Die Analyse von Teilfähigkeiten, die bei entsprechend komplexen Aufgaben routinemäßig immer wieder (rekurrierend) angewandt werden müssen und deren „Kompilierung“ (automatische Ausführung, die wenig kognitive Ressourcen beansprucht)

*Analyse von Teilfragen  
(Komponente K, Wissenskompilierung)*

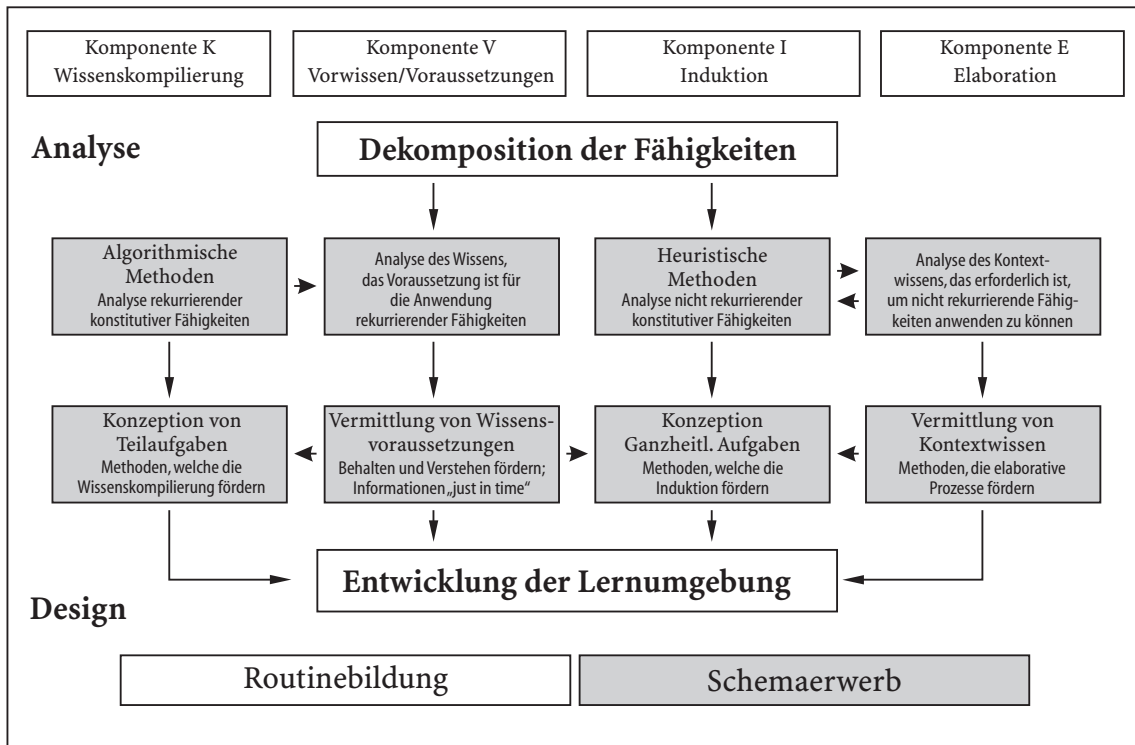


Abb. 2.4: Vier-Komponenten-Modell des Instruktionsdesigns von J. van Merriënboer (nach Merriënboer, 1997)

erreicht werden soll. Auf der Basis dieser Analyse erfolgt dann die Konzeption von Teilaufgaben, deren Übung die Routinebildung fördert.

Wissensanalyse für routinemäßig auftretende Tätigkeiten (Komponente V, Vorwissen/Voraussetzungen)

- Die Analyse des Wissens, das Voraussetzung ist für die routinemäßig auszuführenden Tätigkeiten, sowohl beim Üben von Teilaufgaben wie beim Üben der ganzen komplexen Aufgaben. Auf der Grundlage der Wissensanalyse erfolgt die Konzeption von Instruktionsbedingungen (Methoden), die für die Vermittlung dieses Wissens förderlich sind. Dieses Wissen soll jeweils „just in time“ vermittelt werden bzw. verfügbar sein, d. h. genau dann, wenn es bei der Bewältigung der Übungen benötigt wird.

Aufgabenanalyse bzgl. heuristischer Fähigkeiten (Komponente I, Induktion)

- Aufgabenanalysen hinsichtlich der heuristischen Fähigkeiten, d. h. solcher Fähigkeiten, die sich auf die Bewältigung von Teilaufgaben beziehen, die nicht routinemäßig ausgeführt werden können (komplexe Problemlösungen, heuristische Fähigkeiten); darauf aufbauend erfolgt die Konzeption umfassender, ganzheitlicher Übungsaufgaben. Das Training soll dabei den Erwerb (Aufbau) kognitiver Schemata durch Elaboration der

entsprechenden Informationen fördern (Anregen eigener Beispiele, Verknüpfung der neuen Informationen mit vorhandenem Wissen usw.). Bei der Konzeption eines multimedialen Trainings nach dem 4C/ID-Modell steht am Anfang die systematische Dekomposition der zu vermittelnden Fähigkeit: Die Teilfähigkeiten, aus denen sich die komplexe Fähigkeit (z. B. objektorientierte Programmierung von Anwenderprogrammen) konstituiert, werden einschließlich ihrer hierarchischen Beziehungen untereinander identifiziert. Auch die Teilfähigkeiten (Problemanalyse, Informatisierung des Problems, Entwurf von Algorithmen usw.) setzen sich wiederum aus Teilfähigkeiten niederer Ordnung zusammen. In einem zweiten Schritt müssen die einzelnen Teilfähigkeiten hinreichend detailliert und klar beschrieben werden. Auf der Grundlage dieser Beschreibungen erfolgt eine Klassifikation der einzelnen Teilkompetenzen hinsichtlich ihrer Funktion in der Gesamtkompetenz (z. B. „bezieht sich auf rekurrierende vs. nicht rekurrierende Teilaufgaben“) und die Notwendigkeit eines expliziten Trainings. Als letzter Schritt der Dekomposition wird eine Makro-Sequenzierung festgelegt, für die u. a. zu analysieren ist, wie die Teilfähigkeiten innerhalb von Teilaufgaben (z. B. „Entwurf von Algorithmen“) bzw. innerhalb ganzheitlicher Anwendungsbeispiele geübt werden sollen und auch wie die Fähigkeit trainiert werden soll, die zunächst separat trainierten Teilkompetenzen im Kontext umfassender Problemaufgaben anzuwenden.

- Die Analyse des Wissens, das nützlich und wichtig ist für die Anwendung der nicht routinisierbaren Fähigkeiten (begriffliche Modelle, Ziel-Mittel-Hierarchien, Kausalmodelle, mentale Modelle) und Konzeption von Instruktionmethoden, um dieses Wissen im Kontext des Übens ganzheitlicher Aufgaben zu vermitteln. Das Training soll dabei den induktiven Erwerb (Aufbau) kognitiver Schemata durch die Konfrontation mit den konkreten Problemen und Beispielen fördern. Die Lernenden sollen ein tiefes Verständnis für die funktionalen Zusammenhänge im Kontext der jeweiligen Domäne entwickeln.

*Nicht routinisierbare Fähigkeiten  
(Komponente E, Elaboration)*

Für die weiteren vier Analysefunktionen des Modells (s. Abb. 2.4) werden jeweils geeignete Kategorisierungen sowie Methoden der Aufgaben- und Wissensanalyse empfohlen und beschrieben (van Merriënboer, 1997). Innerhalb der Designaufgaben wird generell unterschieden zwischen der Konzeption der Wissensvermittlung und der Konzeption von Übungs- und Anwendungsaufgaben. Das Herz des 4C/ID-Modells ist die Konzeption umfassender Übungs- und Anwendungsaufgaben im Sinne von Problemstellungen, Fall-

und Projektaufgaben und schließlich die Entwicklung von Lernumgebungen im Sinne eines Arrangements von Situationen, in denen komplexe kognitive Fähigkeiten ganzheitlich vermittelt und geübt werden können.

*Cognitive (over) Load*

Besondere Beachtung wurde dabei jeweils dem Aspekt der kognitiven (Über-)Belastung (cognitive load) gewidmet, die bei manchen Methoden des problem- oder projektbasierten Lernens nachhaltige Effekte verhindert.

Es werden folgende Problemformate unterschieden:

### **Produktorientierte Problemformate**

Bei bei produktorientierten Problemformaten liegt die Betonung auf der Lösung, weniger auf dem speziellen Lösungsweg.

- *Konventionelle Probleme*: Gegeben sind die Ausgangssituation mit den möglichen Mitteln bzw. Rahmenbedingungen sowie die Ziele; zu finden ist jeweils die Lösung, d.h. der Weg, das Verfahren, welches zur Zielerreichung führt.
- *Lösungsbeispiele (worked-out examples)*: Sie enthalten eine Beschreibung der Ausgangssituation, der Ziele und einen guten Lösungsweg; zusätzlich wird evtl. noch auf Eigenarten des Problems hingewiesen. Lernende studieren intensiv den Lösungsweg. Eine Vielzahl von Untersuchungen belegt mittlerweile die Effizienz des Lernens anhand von Lösungsbeispielen (van Merriënboer, 1997, S. 179 ff.; Reimann, 1997).
- *Vervollständigungsprobleme (completion problems)*: Bei diesem Format sind ebenfalls Ausgangssituation und Ziele gegeben, die Lösung jedoch nur teilweise; Lernende sollen den beschriebenen Lösungsweg studieren und die Lücken überbrücken. Vervollständigungsprobleme eignen sich insbesondere für Entwurfsaufgaben (z. B. Softwareentwicklung, Architektur).
- *„Umgekehrte Probleme“ (reverse problems)*: Hier werden das Ziel und die Lösung angeboten, zu finden sind mögliche Ausgangsbedingungen. Nützlich können sie vor allem bei dem Training fehlerdiagnostischer Fähigkeiten sein: Lernenden wird z.B. gesagt, dass eine bestimmte Komponente in einem Schaltkreis defekt sei, ihre Aufgabe ist es dann, das Verhalten des Geräts unter bestimmten Bedingungen vorherzusagen.
- *Zielfreie Probleme (goal-free problems)*: Gemeint sind Probleme, bei denen nicht ein bestimmtes Ziel zu erreichen ist. Ein Beispiel wäre die Aufgabe, für ein komplexes Softwaresystem alle möglichen Fehler aufzulisten, die als Ursachen für ein bestimm-



tes Systemverhalten in Frage kommen könnten. Dieses Format erlaubt keine Rückwärtsstrategie des Problemlösens vom Ziel aus, sondern erzwingt eine Vorwärtsstrategie. Es liegen Befunde vor, die zeigen, dass derartige Probleme Transferleistungen und Schemaerwerb besser fördern können als konventionelle Probleme (van Merriënboer, 1997, S. 182).

- *Imitationsprobleme (imitation problems)*: Es handelt sich bei diesem Format um eine Variante des Typs „Lösungsbeispiel“. Dargeboten wird ein konventionelles Problem, wobei den Lernenden jedoch eine genaue Beschreibung des Lösungswegs (z. B. auch durch ein Video oder eine Animation) an die Hand gegeben wird. Die Lernenden lösen das Problem, indem sie den Lösungsweg imitieren. Empirische Befunde haben die Wirksamkeit des Formats bestätigt (van Merriënboer, 1997, S. 183).

### **Prozessorientierte Problemformate**

Bei prozessorientierten Problemformaten liegt die Betonung auf dem Lösungsweg. Dieser dient zur Förderung des Transfers bzw. der Fähigkeit, heuristische Lösungen zu finden.

- *Konventionelle Probleme*: Das Format unterscheidet sich nicht von produktorientierten Problemen, jedoch liegt hier der Fokus auf Qualitäten des Lösungswegs.
- *Modellfälle (modeling examples)*: Fallbeispiele, die eine Beschreibung und/oder Erklärung der Lösung beinhalten bzw. in denen ein Experte den Lösungsweg vorführt bzw. erläutert. Auch hier besteht der Unterschied zu Lösungsbeispielen (worked-out examples) vor allem in der Betonung des Lösungsprozesses (van Merriënboer, 1997, S. 184, 223 f., 242 ff.).
- *Probleme mit Ausführungsbeschränkungen (performance constraints)*: Die Besonderheit dieses Formats sind Auflagen oder Einschränkungen, welche die Lernenden bei der Problemlösung zu beachten haben; z. B. müssen bei der Lösung eines Programmierproblems bestimmte formale Regeln – etwa Erstellung eines Fluss- oder eines Nassi-Shneiderman-Diagramms – streng eingehalten werden. Für die Wirksamkeit des Formats gibt es empirische Belege (van Merriënboer, 1997, S. 184 f.).
- *Probleme, kombiniert mit kognitiven Werkzeugen oder Arbeitsblättern (cognitive tools and process worksheets)*: Ähnlich wie bei dem vorangegangenen Format erfolgt auch hier eine Intervention hinsichtlich der Lösungsprozesse, allerdings weniger einschränkend. Arbeits- bzw. Rechenblätter (Papier oder on-

line) oder andere Formen von kognitiven Werkzeugen (z. B. ein Mindmap-Programm) werden den Lernenden eher als Hilfen für die Problemlösung an die Hand gegeben.

- *Kombinierte Problemformate*: Die verschiedenen prozessorientierten Problemformate können mit der produktorientierten Lösung konventioneller Probleme kombiniert werden, zumal sich die beiden Kategorien nicht ausschließen, sondern ergänzen. Aus der Kombination ergeben sich dann zum Teil völlig neue Problemformate (van Merriënboer, 1997, S. 185 ff.).

Diese Klassifikation der einzelnen Formate hängt oft von der Kompetenz der Lernenden ab.

*Einschätzung des Modells*

Das 4C/ID-Modell gilt derzeit international als wichtigstes Modell für das Training komplexer kognitiver Fähigkeiten. Es liefert u.a. jeweils Kriterien für die Wahl eines bestimmten Problemformats. Lernmedien stehen nicht im Vordergrund, es ist jedoch klar, dass bei der Realisierung des Ansatzes die Verwendung digitaler Medien oft eine wichtige Rolle spielt. Darüber hinaus fokussiert das Modell insbesondere die Relation der einzelnen Komponenten (Vermittlung der unterschiedlichen Wissensarten, Entwurf von Teilübungsaufgaben, Entwurf ganzheitlicher Problemaufgaben) bei der Entwicklung der gesamten Lernumgebung. Neuere Weiterentwicklungen enthalten u.a. Prinzipien für eine Adaptierung an unterschiedliche Lernervoraussetzungen (de Crook et al., 2002; van Gerven et al., 2002; van Merriënboer et al., 2002). Das Modell beinhaltet Anleitungen zur Entwicklung von problembasierten Lernumgebungen und Curricula. In den Niederlanden wurde das problembasierte Lernen als didaktisches Prinzip bereits der Neukonzeption ganzer Universitäten zugrunde gelegt (z. B. Universität Maastricht) und gilt insgesamt als erfolgreich.

## 2.4.7 Weitere praktische Theorien

Die Reihe der hier aufgeführten Theorien ist nicht annähernd erschöpfend. Es handelt sich um die international prominentesten der aktuellen Instruktionsdesign-Theorien. Wesentliches Auswahlkriterium war die Relevanz für die Konzeption multimedialer Lernumgebungen. Dies erlaubt jedoch nicht den Umkehrschluss, dass die hier nicht vorgestellten Theorieansätze irrelevant seien für die Konzeption multimedialer Lernumgebungen. Es sollen daher weitere Theorien und Modelle kurz angesprochen werden, wobei auch diese Aufzählung nicht vollständig sein kann.

Ein Modell für die Entwicklung offener Lernumgebungen, deren Ziel es ist, auch divergentes Denken und die Gewinnung multipler Perspektiven besonders zu fördern, haben M. Hannafin und seine Mitarbeiter entwickelt (Hannafin et al., 1999). Es eignet sich vor allem für „weiche“ Domänen mit „unscharfen“ Problemstellungen. Methodische Empfehlungen beziehen sich auf die Konzeption multimedial unterstützter Lernprojekte (analog zum GBS-Modell, s. Abschnitt 2.4.5), hier als „enabling contexts“ bezeichnet. Dazu werden Informationsangebote konzipiert und Werkzeuge (tools) für die Lernenden entwickelt (zum Suchen, Sammeln, Organisieren, Integrieren, zur Manipulation von Inhalten sowie zur Kommunikation). Eine besondere Rolle spielt die Entwicklung von begrifflichen, metakognitiven, prozeduralen und strategischen Lernhilfen (scaffolds), die während des Lernens in offenen Lernumgebungen angeboten werden. Konkrete Beispiele für z. B. webbasierte Lernumgebungen, die nach diesem Modell entwickelt wurden, liegen vor (Hannafin et al., 1999). Ganz ähnlich in Zielsetzung und Vorgehen ist D. Jonassens Theorie für die Konzeption „konstruktivistischer“ Lernumgebungen (Jonassen, 1999); auch hier spielen Tools, Coaching und Scaffolding bei der Bearbeitung ganzheitlicher Probleme und Fallaufgaben eine tragende Rolle.

*ID für „weiche“ Domänen*

Speziell für die Konzeption webbasierter Lernumgebungen, die ein kooperatives bzw. kollaboratives Problemlösen ermöglichen sollen, hat L. M. Nelson (Nelson, 1999) ein theoretisches Modell (CPS: Collaborative Problem Solving) entwickelt.

*Problemlösungsförderung*

Das Modell basiert auf einer Synthese vieler empirischer Befunde zum kooperativen Lernen bzw. kollaborativen Problemlösen und liefert konkrete Empfehlungen zur Organisation entsprechender Lerngruppen und zur Prozessunterstützung.

*Kollaboratives Problemlösen*

Auch bei der Vermittlung psychomotorischer Fähigkeiten können multimediale Lernumgebungen zumindest partiell eingesetzt werden; hierzu kann auf eine operative Theorie von A. Romiszowski zurückgegriffen werden. Die wichtigsten Methoden umfassen: Vermittlung des Wissens, was getan werden soll, schrittweiser Aufbau von Grundfertigkeiten, Entwicklung der psychomotorischen Kompetenz (Routinisierung, Generalisierung) durch Demonstrieren, ggfs. Erläutern, Förderung mentaler Repräsentationen des Bewegungsablaufs, verbale Hinweise, unterschiedliche Formen des Übungsaufbaus, Rückmeldungen, Transferförderung, Verbesserung von Schnelligkeit und Exaktheit bis hin zu Maßnahmen zur Förderung des Selbstwerts der Lernenden (Romiszowski, 1999).

*Psychomotorische Fähigkeiten*

Eine für die Konzeption multimedialen Lernens – aber auch für andere Multimedia-Anwendungen – wichtige Theorie ist schließ-

*Media-Equation-Theorie*

lich die Media-Equation-Theorie von B. Reeves und C. Nass. Die Autoren vertreten die These, dass Menschen im Umgang mit Bildschirmmedien grundsätzlich das gleiche Verhalten zeigen, wie unter gleichen Bedingungen gegenüber anderen Menschen (Media Equation: Kommunikationspartner „Bildschirmmedium“ = Kommunikationspartner „Mensch“). Reeves & Nass (1996) konnten ihre These in einer Serie von Experimenten eindrucksvoll belegen: (a) Menschen verhalten sich gegenüber einem Computer unter bestimmten Bedingungen in ähnlicher Weise höflich, wie sie das gegenüber anderen Menschen tun; der Sachverhalt ist den Akteuren nicht bewusst: In den Experimenten bat ein Computer nach einer Kommunikationssequenz (Lernprogramm) jeweils darum, vom Lernenden beurteilt zu werden. Die Antworten waren stets signifikant günstiger, wenn die Eingabe auf dem Computer erfolgte, der zuvor der Kommunikationspartner war, als wenn die Beurteilung auf einem in der Nähe stehenden baugleichen Gerät eingegeben wurde – analog der meist relativ höflichen Antwort, wenn ein Redner einen Zuhörer anschließend fragt „Wie war ich?“ im Vergleich zu einer Situation, in der eine andere Person um die Beurteilung bittet. (b) Schmeicheleien von einem Computer sind genauso wirksam wie Schmeicheleien von einem Menschen, auch dann, wenn sie als solche durchschaut werden. Sie haben Auswirkungen, insbesondere auf die soziale Wahrnehmung des Schmeichlers. (c) Das Eindringen in den persönlichen Nahbereich hat ein mediales Äquivalent in „Ganz nah“-Einstellungen auf einem hinreichend großen, nicht allzu weit entfernt stehenden Bildschirm. Das emotionale Erleben solcher Einstellungen entspricht dem, was beim Eindringen eines Fremden in diesen Nahbereich empfunden wird.

Weitere untersuchte Merkmale betrafen u. a. Verhaltensdimensionen wie „Dominanz-Unterwürfigkeit“ und „Freundlichkeit“ sowie Zuschreibungen von Persönlichkeitsmerkmalen. Einem Medium (hier PC) werden aufgrund einer männlichen bzw. weiblichen Stimme entsprechende männliche oder weibliche Geschlechtsstereotype zugeschrieben, z. B. unterschiedliche Kompetenz in technischen Dingen.

Die Media-Equation-Theorie ist keine Designtheorie, aber die Befunde dürfen bei der Konzeption multimedialer Lernumgebungen nicht ignoriert werden.

## 2.5 Wie gehen wir vor? Ein operatives Modell

Das in Abschnitt 2.1 angesprochene ADDIE-Modell kann nur eine grobe Orientierung für die Vorgehensweise bei der Konzeption und Entwicklung eines E-Learning-Angebots sein.

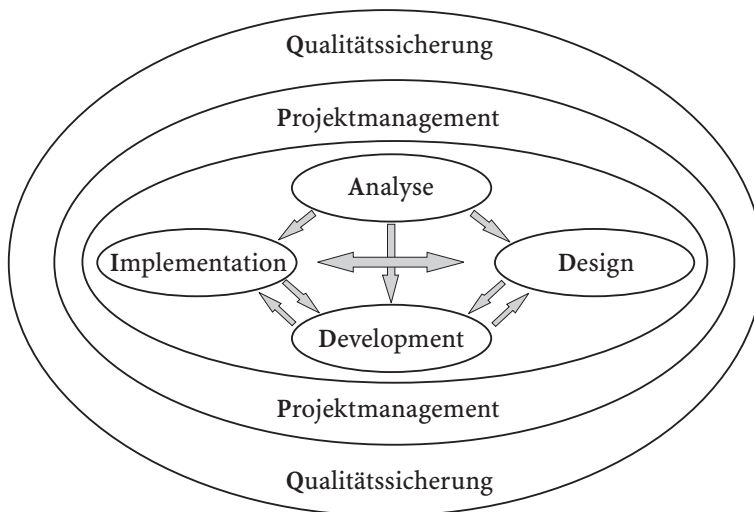
Auch wenn die Abfolge der fünf „Phasen“ auf den ersten Blick überzeugend erscheint: Bei der Konzeption von E-Learning-Umgebungen gibt es stets Vorentscheidungen und Wechselbeziehungen zwischen den „Designfunktionen“, wie man die zu leistenden Aufgaben von den Analysen bis zur Evaluation wohl am besten bezeichnet.

Budgetentscheidungen sind oft von Anfang an vorgegeben, auch die Implementierungsbedingungen liegen nicht selten fest und selbst die Entscheidung für die Medienkonstellation ist oft schon getroffen.

Viele Designentscheidungen auf einer „tieferen“ Entscheidungsebene haben – nicht nur finanzielle – Rückwirkungen auf andere Designentscheidungen, die grundsätzlich bereits gefallen sind und unter Umständen revidiert werden müssen. Auch durch ein gutes Projektmanagement lässt sich solches nicht immer ganz vermeiden.

Eine geeignetere Darstellung des Vorgehens als ADDIE liefert daher die nachfolgende Grafik:

*Kein lineares Vorgehen*



*Abb. 2.5: PADDIQ: Operatives Vorgehensmodell bei der Konzeption von E-Learning*

In den folgenden Kapiteln orientieren wir uns an diesem Modell: Im Kapitel 3 behandeln wir die *Analysen*, die jeder seriösen

Entwicklung einer E-Learning-Umgebung vorausgehen müssen. In Kapitel 4 sind didaktische Grundsatzentscheidungen, die den weiteren *Design*prozess in wichtigen Teilen bestimmen, das Thema. Das *Projektmanagement* wird in Kapitel 5 eher kurz angesprochen; um sich umfassend kundig zu machen, benötigt man weiterführende Literatur. Die Kapitel 6 bis 14 befassen sich mit speziellen Aspekten des didaktischen Designs. Mit Kapitel 15 endet die Phase des Designs bzw. Entwurfs und wir wenden uns in den Kapiteln 16 bis 19 Aspekten der *Entwicklung* (development) im engeren Sinne zu, d. h. der technischen Umsetzung. In diesen drei Kapiteln kann eine umfassende Darstellung der softwaretechnischen Entwicklung natürlich nicht geleistet werden, wir haben uns daher für eine Überblicksdarstellung entschieden, die sich insbesondere an Informatik-Laien wendet. Die *Qualitätssicherung* ist schließlich Thema der beiden letzten Kapitel des Buchs (20, 21).