



UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE

Seminar

E-Learning

Adaptives Lernen

Eingereicht am:

14. Juli 2016

Eingereicht von:

Mervyn Kilian McCreight

Betreut von:

Dr. Olaf Schröder

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einführung	1
1.1 Die Idee von adaptivem Lernen	1
1.2 Adaptivem Lernen im Vergleich mit dem klassischen Modell	1
2 Adaptives Lernen in der Lerntheorie	2
2.1 Aptitude Treatment Interaction	2
2.2 Adaptivität von Lernen	3
2.3 Adaptionsmaßnahmen	3
2.4 Adaptionszwecke	3
2.4.1 Fördermodell	3
2.4.2 Kompensationsmodell	3
2.4.3 Präferenzmodell	4
2.5 Definitionsebenen von Adaptivität	4
3 Intelligente Tutorielle Systeme	5
3.1 Definition	5
3.2 Unterschiede zu klassischen tutoriellen Systemen	6
3.3 Struktur	7
3.3.1 Das Wissensmodell	8
3.3.2 Das Lernermodell / Das Tutandenmodell	9
3.3.3 Das Tutorenmodell / Die Didaktikkomponente	10
3.3.4 Die Benutzerschnittstelle	11
3.4 Formen der Modifikation zur Adaption	11
3.4.1 Sequenzierung	11
3.4.2 Unterstützung beim Lösen von Problemen	12
3.4.3 Adaptive Präsentation	12
3.4.4 Adaptive Navigation	12
4 Der LISP-Tutor GREATERP	14
4.1 Hintergrund	14
4.2 Der Beispieldialog - Das Lösen der Fakultät-Aufgabe	14
5 Zusammenfassung	17
Literaturverzeichnis	19

Abbildungsverzeichnis

3.1	Prinzip eines klassischen tutoriellen Systems	6
3.2	Beispielbild der Pocket Fahrschule Handy-Applikation	7
3.3	Struktur eines Intelligenten Tutoriellen Systems	8
4.1	Beispieldialog LISP-Tutor Teil 1	15
4.2	Beispieldialog LISP-Tutor Teil 2	15

Tabellenverzeichnis

1

Einführung

1.1 Die Idee von adaptivem Lernen

1.2 Adaptivem Lernen im Vergleich mit dem klassischen Modell

2

Adaptives Lernen in der Lerntheorie

Je länger das Verständnis von der Fähigkeit eines Menschen zu Lernen Gegenstand der Forschung ist, desto mehr gerät der Mensch als Individuum auch in den verschiedenen Lehrtheorien in den Vordergrund. So wird in einer der ältesten Lerntheorien des Menschen, dem Behaviorismus, das Gehirn des Menschen noch als Black-Box gesehen, wodurch die Individualität des Lernens eines jeden Menschen fast vollständig außer Acht gelassen wird. Erst in späteren Lerntheorien wie dem Konstruktivismus stellte sich heraus, dass der Lernprozess eines Menschen theoretisch für jeden Menschen individuell unterschiedlich sein kann. Aufgrund dieser Erkenntnisse erscheint es logisch, dass auch die Form des Lehrens auf den Menschen als Individuum eingehen sollte.

Was heißt hierbei adaptiv¹? Das Wort adaptiv beschreibt nicht als die Fähigkeit der Anpassung. Es geht bei Adaptivem Lernen also um angepasste Wissensvermittlungsformen.

Adaptives Lernen in der Lerntheorie beschreibt die Anpassung von Lehrumgebungen an die Bedürfnisse eines Lernenden oder einer Gruppe von Lernenden, um die Lernsituation zu verbessern. Ziel von Adaptivem Lernen ist es, den Unterricht in der Art anzupassen, dass ein Lernender genau die Information und das Wissen vermittelt bekommt, dass für ihn relevant ist, um das Thema zu verstehen. Im optimalen Fall wird das Wissen jedem Lernenden in seiner für ihn individuell am besten geeigneten Form präsentiert.

Vereinfacht ausgedrückt ist Adaptives Lernen nichts anderes, als das, was ein guter Lehrer spontan immer anwenden sollte: Auf seine Schüler im Einzelnen eingehen.

2.1 Aptitude Treatment Interaction

Das Konzept der Adaptivität basiert prinzipiell auf der Forschung des Aptitude-Treatment-Interaktion Paradigmas. Hierbei handelt es sich um einen Ansatz zur Instruktion von Lernenden. Er besagt, dass eine Anpassung Lehrmethode an das Niveau der individuellen Lernfähigkeiten des Lernenden notwendig sind, um einen best möglichen Lerneffekt zu erzielen. Das bedeutet, dass sich ausgehend von den Ausgangsvoraussetzungen² in unterschiedlichen Lernumgebungen³ unterschiedliche Lernerfolge zeigen. Forschungen bezüglich der Aptitude-Treatment-Interaktion zielen darauf ab, Informationen zur liefern, mit deren Hilfe es möglich ist, einzuordnen, welche Unterrichtsform sich für welche individuellen Voraussetzungen und Merkmale am besten eignen. [KH07, S. 203]

So stellte sich in den Forschungen heraus, dass Lerner mit niedrigerem Kenntnisstand und erhöhtem Angstniveau bezogen auf eine Unterrichtssituation in höherem Maße von einer hochstrukturierten Unterrichtsform mit vielen festen Vorgaben profitieren, als leistungsstärkere Lerner. Diese profitierten eher von einem gegensätzlichen Unterrichtsmodell mit vielen Freiheitsgraden. [HST, S.65]

¹lat. adaptare

²engl. Aptitude

³engl. Treatments

2.2 Adaptivität von Lernen

Auf Basis des Aptitude-Treatment-Interaktion Ansatzes entwickelte sich das Konzept des Adaptiven Lernens. Hierbei handelt es sich um eine Lehrform, deren Ziel es ist die Unterrichtsform möglichst optimal an die Lernvoraussetzungen des Lernalters anzupassen, um die Effektivität des Lernens zu steigern. Konträr zum klassischen Frontalunterricht handelt es sich hierbei also um eine Lehrform, die sich sehr auf den Lerner als Individuum konzentriert.

2.3 Adaptionsmaßnahmen

Um eine Lernsituation adaptiv zu gestalten, werden Maßnahmen angewandt, die sich grundsätzlich in zwei unterschiedliche Kategorien einteilen lassen. So unterscheidet man zwischen Maßnahmen auf der Makro- und Mikroebene.

Maßnahmen in der Makroebene einer Lernumgebung beschreiben Aktionen auf Klassenebene. So werden zum Beispiel Gruppen nach Leistungsniveau eingeteilt, der Lernplan im Gesamten für diese Einteilungen gruppenindividuell angepasst. Eine weitere Maßnahme auf der Makroebene beschreibt die Einführung von kooperativem Lernen. So wird individuelles Wissen der Lernenden über einen sozialen Austausch über eine bestimmte Thematik revidiert, integriert, neu organisiert oder weiter ausdifferenziert.

Dagegen stehen Maßnahmen, die eine direkte Interaktion und/oder Kommunikation zwischen Lehrer und Lernendem beschreiben. Diese werden als Maßnahmen in der Mikroebene bezeichnet. Durch die Beschäftigung mit einem Lernenden ist es dem Lehrer möglich, besser auf die individuellen Stärken und Schwächen eines Lernenden einzugehen. Das Ziel hierbei ist, den Unterrichtsinhalt und die Lernmaßnahmen besser auf jeden einzelnen Lernenden anzupassen.

2.4 Adaptionszwecke

Betrachtet man die Frage Wie und Warum Adaptives Lernen eingesetzt wird, lassen sich drei Adaptionszwecke erkennen. Diese stellen dar, auf welche Aspekte des Lernenden als Individuum geachtet und eingegangen wird, um die Qualität und Effektivität des Lernens zu verbessern. Es wird zwischen dem Fördermodell, dem Kompensationsmodell und dem Präferenzmodell unterschieden.

2.4.1 Fördermodell

Das Ziel des Fördermodells ist es, Lerndefizite des Lernenden zu beseitigen. Meist wird dies durch eine Anpassung in Form von zusätzlichen Lerneinheiten erreicht. Hierfür müssen die Lerndefizite beispielsweise über zusätzliche Tests oder Prüfungen erkannt und beseitigt werden. [Leh10, S. 19]

2.4.2 Kompensationsmodell

Das Kompensationsmodell richtet sich auf Lernende mit unzureichenden Lernvoraussetzungen. Diese können beispielsweise durch Überforderung oder eine generell niedrige Motivation entstehen. Hier wird versucht, dem Lernenden durch geeignete Hilfestellung abhilfe zu leisten, um die Defizite zu kompensieren. [Leh10, S. 19]

2.4.3 Präferenzmodell

Anders als in den beiden vorherigen Modellen, in denen auf die Schwächen eines Lernenden eingegangen wird, sollen im Präferenzmodell die Stärken eines Lernenden nutzbar gemacht werden. Ist erkennbar, dass der Lernende in einem bestimmten Bereich über besondere Lernvoraussetzungen verfügt, sollen diese genutzt werden, um den Lernprozess für diesen Lernenden zu optimieren. [Leh10, S. 19]

2.5 Definitionsebenen von Adaptivität

3

Intelligente Tutorielle Systeme

Intelligente Tutorielle Systeme¹ sind eine um 1973 von Derek. H. Sleeman und J.R. Hartley definierte Art von computergesteuerten Lernprogrammen. Diese Art von Lernprogrammen waren der erste Ansatz, das in der Lerntheorie ergründete Adaptive Lernen im softwaregestützten e-Learning zu etablieren, um die Effizienz von Lernsoftware zu verbessern.

Intelligente Tutorielle Systeme erreichen ihre Adaptivität und Flexibilität durch eine individuell an den Benutzer angepasste Art von Lernangeboten. Das Verhalten während des Lernens, sowie die Leistungen während Lernüberprüfungen, oder interaktiven Aufgaben, werden bewertet, um die Präsentation der Lerninhalte zu wählen. Das bedeutet, dass ein Intelligentes Tutorielles System zu jeder Zeit versucht zu erkennen, wie ausgeprägt das Wissen eines Anwenders in der jeweiligen Thematik ist, um die zu vermittelnden Inhalte dementsprechend anzupassen, die dazu führen sollen ein definiertes Lernziel zu erreichen. So wird ein Anwender, der bisher keine Erfahrungen in einem Thema hat, nicht sofort mit komplexen Sachverhalten konfrontiert, sondern langsam in die Thematik eingeführt, bis er für die höheren Lernmaterialien bereit ist.

3.1 Definition

„Intelligente tutorielle Systeme (ITS) sind adaptive Mediensysteme, die sich ähnlich einem menschlichen Tutor an die kognitiven Prozesse des Lernenden anpassen sollen, indem sie die Lernfortschritte und -defizite analysieren und dementsprechend das Lernangebot generativ modifizieren sollen.“ [IK02, S. 555]

Die Intelligenz eines Intelligenten Tutoriellen Systems besteht dementsprechend in der Adaption der Lehrinhalte an den Wissensstand des jeweiligen Benutzers. Ein ITS versucht, vergleichbar mit einem menschlichen Lehrer, einen flexiblen und adaptiven Dialog mit dem Lernenden zu führen, indem es den Unterricht den Merkmalen und Fortschritten des Benutzers anpasst.

Signifikant für ein Intelligentes Tutorielles System sind hierbei folgende drei Hauptmerkmale:

Adaptivität Adaptivität beschreibt die Fähigkeit des Systems, sich selbstständig an den jeweiligen Benutzer anzupassen. Dies geschieht durch die Auswertung von Informationen über zur Verfügung stehenden Lerninhalten, Bewertung des Lernenden, sowie der Anwendung von definierten pädagogischen Strategien. Vergleichbar ist dies mit einer typischen Situation, mit der sich ein menschlicher Lehrer bei der Gestaltung seines Unterrichts konfrontiert sieht. Einem Lehrer ist es nicht möglich, während der Vorbereitung seines Unterrichts zu wissen, welche Strategien er später im Unterricht benötigen wird, um das zu übermittelnde Wissen optimal zu erklären. Er ist dazu gezwungen sich im Laufe des Unterrichts dynamisch an die Situation anzupassen.

¹kurz ITS

Flexibilität Die Flexibilität des Systems bezieht sich auf die Fähigkeit, die Darstellung der Lerninhalte zu verändern. Diese Fähigkeit wird durch die getrennte Realisierung der Wissensbasis und der tutoriellen Komponente ermöglicht. Diese beiden Begriffe werden im Laufe dieser Ausarbeitung näher erläutert.

Diagnosefähigkeit Die Diagnosefähigkeit ist ein weiterer Kernaspekt eines Intelligenten Tutoriellen Systems. Sie beschreibt die Fähigkeit, den aktuellen Wissensstand, sowie weitere Kriterien des Lernenden zu analysieren, um so Rückschlüsse über seine themen- und lernspezifische Kompetenz zu bewerten. Auf diese Art und Weise versucht ein Intelligentes Tutorielles System ein Modell des Lernenden abzuleiten, um darauf basierend eine passende individuelle Lehrstrategie für den Lernenden zu entwickeln. Ohne diese Fähigkeit wäre ein ITS nicht dazu in der Lage, seine Inhalte auf eine sinnvolle Art und Weise individuell an einen Lerner anzupassen.

Wichtig ist, dass der Lernablauf weiterhin benutzergesteuert ist. Der Benutzer steuert selbst, in welcher Geschwindigkeit er seinen Lernprozess gestaltet. Das Intelligente Tutorielle System bietet dem Benutzer hierbei jedoch nur zu der Bewertung seines Wissensstand passende Lernmaterialien an, um mit dem Lernen fortzufahren. So soll gewährleistet werden, dass er Lernende das Lernziel auf einem für ihn optimalen Weg erreicht.

3.2 Unterschiede zu klassischen tutoriellen Systemen

Um zu verstehen, wodurch sich Intelligente Tutorielle Systeme von den früheren klassischen Tutoriellen Systemen unterscheiden, muss zunächst die Funktionsweise von klassischen Tutoriellen Systemen erörtert werden.

Bei klassischen Tutoriellen Systemen handelt es sich ebenfalls um Lernsoftware, die einem Lernenden auf (multi)mediale Art und Weise Lehrstoff präsentiert, um ein definiertes Lernziel zu erreichen. Es handelt sich hierbei jedoch nicht um reine Präsentationssysteme.

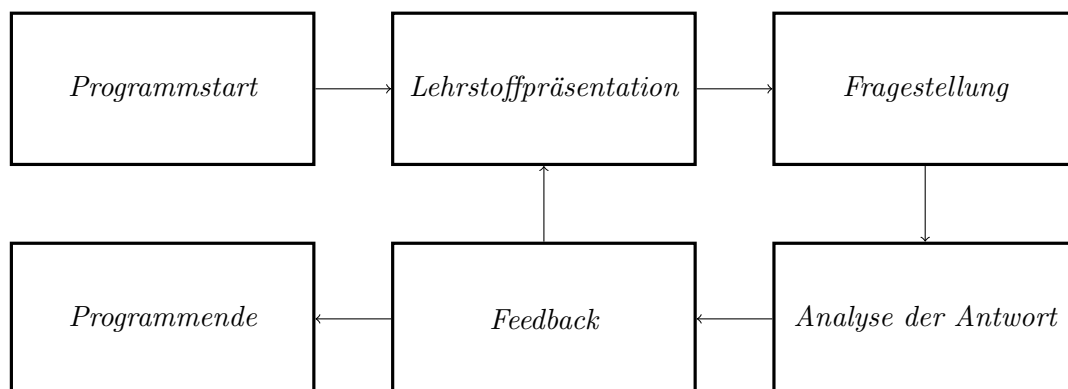


Abbildung 3.1: Prinzip eines klassischen tutoriellen Systems

In der Abbildung ist erkennbar, dass tutorielle Systeme zusätzlich zur reinen Präsentation der Lehrinhalte, zwischendurch einige Fragen an den Lernenden stellen. Die Antworten auf diese Fragen, die der Lernüberprüfung dienen, beeinflussen den weiteren Verlauf des Lernkurses. Wichtig hierbei ist, dass lediglich der Ablauf des Lernkurses beeinflusst wird. So wird ein Lehrinhalt bei unzureichendem Ergebnis in der Leistungsüberprüfung solange wiederholt, bis der Lernende dazu in der Lage ist, die Fragestellung korrekt zu beantworten. In einem tutoriellen System erhält der Lernende üblicherweise sofort Feedback auf seine erbrachte Leistung. Bei einer falschen Antwort kann das beispielsweise die

Angabe der korrekten Lösung, oder ein Hinweis auf den richtigen Lösungsweg sein. Dieses Feedback simuliert hierbei die Rolle eines Tutors.

Klassische tutorielle Systeme lassen sich in der Regel dem behavioristischen Lernparadigma zuordnen. Die Software repräsentiert eine absolute Lehrautorität, die dem Lernenden Wissen präsentiert. Die Bewertung von Antworten beschränkt sich auf falsch oder richtig.

Ein einfaches Beispiel für ein klassisches tutorielles System ist das Lernen für die theoretische Fahrschulprüfung mit Hilfe einer Handy-Applikation. Klassisch werden hierbei die aus den offiziellen Fragebögen bekannten Fragen repetitiv präsentiert, und der Benutzer dazu aufgefordert, eine Antwort auszuwählen.



Abbildung 3.2: Beispielbild der Pocket Fahrschule Handy-Applikation

Tut er dies, wird ihm unmittelbar nach der Eingabe der Antwort vermittelt, ob diese richtig oder falsch war. Bei komplexeren Fragestellungen wird, je nach Applikation, zusätzlich erläutert warum die korrekte Lösung korrekt ist. Nach diesem Verfahren wird fortgefahren, bis der Lernende alle vorhandenen Fragen korrekt beantwortet hat.

Intelligente Tutorielle Systeme versuchen darüber hinaus die Erkenntnisse neuerer Lernparadigmen, wie zum Beispiel dem Kognitivismus zu berücksichtigen. Im Gegensatz zu einem klassischen System kann ein ITS individuelle Kritik an einen Lernenden formulieren. Der präsentierte Lehrinhalt ist nicht statisch, also in jedem Fall gleich, sondern angepasst an die individuellen Bedürfnisse eines Lernenden. Auf diese Weise sind ITS dazu in der Lage auch komplexere Sachverhalte zu vermitteln.

3.3 Struktur

Wie jede Software entsprechen auch Intelligente Tutorielle Systeme einer klar definierten Architektur. In der Abbildung ist zu sehen, dass ein Intelligentes Tutorielles System aus vier Hauptkomponenten besteht, die getrennt voneinander implementiert werden.

Die Kanten des Graphen, unter hinzunahme ihrer Beschriftungen, beschreiben die Art der Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten. Man sieht, dass die einzige Kommunikation zwischen dem Lernenden und dem System über die bereitgestellte Benutzerschnittstelle statt findet. Ein beispielhafter Ablauf könnte sein:

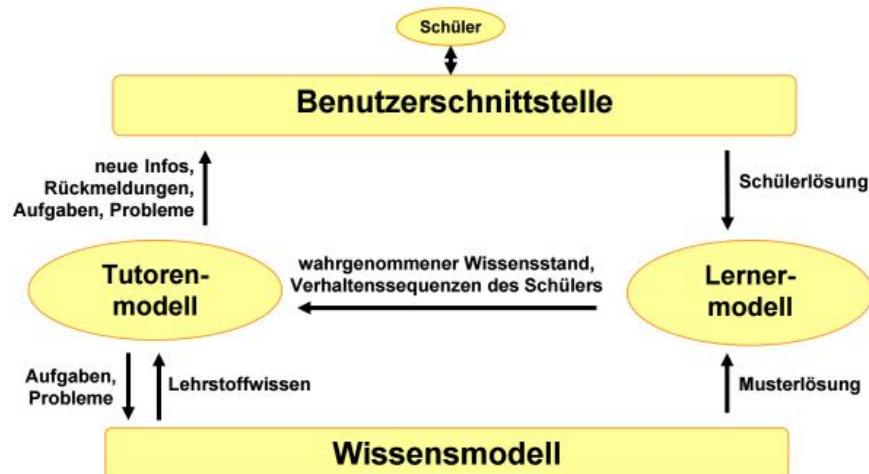


Abbildung 3.3: Struktur eines Intelligenten Tutoriellen Systems

Der Schüler löst eine Aufgabe. Über die Benutzerschnittstelle wird dessen Lösung an das Lernermodell weitergeleitet. Das Lernermodell erhält gleichermaßen vom Wissensmodell die Musterlösung der zu lösenden Aufgabe. An dieser Stelle werden die beiden Lösungsansätze verglichen, um mit Hilfe dieses Vergleichs den Wissensstand und die Verhaltensweisen des Lernenden abzuleiten. Das Ergebnis dieser Analyse wird dem Tutorenmodell mitgeteilt, welches auf Basis der Analyse geeignete pädagogische Lernstrategien für den Lernenden einschlagen kann, und ihm entsprechend seiner Bedürfnisse Feedback liefern kann. Dieses wird dem Lernenden über die Benutzerschnittstelle kommuniziert. Im weiteren Verlauf der Ausarbeitung wird nun genauer auf die einzelnen Komponenten eingegangen.

3.3.1 Das Wissensmodell

Das Wissensmodell wird häufig auch das Expertenmodul genannt. Es repräsentiert den vollständigen Wissensstand über die zu lehrende Thematik des Intelligenten Tutoriellen Systems. Das Wissensmodell ist zwingend notwendig, damit das System im Lernermodell dazu in der Lage ist, den aktuellen Wissensstand des Lerners zu analysieren. Es besteht aus einer statischen Ansammlung von Kenntnissen, Erfahrungen, Methoden und Allgemeinwissen. Das Wissen wird hierbei in drei unterschiedliche Kategorien eingeteilt:

Deklaratives Wissen Das deklarative Wissen repräsentiert „Wissen-Was“-Wissen, oder auch Faktenwissen. Es handelt sich hierbei um Sachverhalte, die auswendig gelernt werden können. Beispiele hierfür wären die Anzahl der Wirbel einer menschlichen Wirbelsäule, oder das Faktum, dass $1 + 1 = 2$ ist. Dieses Wissen kann grundsätzlich durch verschiedene Formen repräsentiert werden. So kann es beispielsweise in Textform vermittelt werden, oder durch Schaubilder, die diese Fakten eindeutig erläutern.

Prozedurales Wissen Prozedurales Wissen wird auch praktisches Wissen oder „Wissen-Wie“-Wissen genannt. Es handelt sich hierbei um Erkenntnisse, auf welche Art und Weise man bekanntes Wissen anwenden kann, um bestimmte Problemstellungen zu lösen. Gemeint sind hiermit bestimmte Zusammensetzung von Regeln, oder auch Schemata, mit Hilfe deren man ein gewünschtes Ergebnis erreicht werden kann. Ein klassisches Beispiel für diese Art von Wissen ist die schriftliche Multiplikation. Man nehme als Beispiel die Lösung der Problemstellung $15 * 25 = ?$. Dieses Problem kann schematisch in kleineren Schritten gelöst werden, und zwar aus der Addition der zwei Teilprodukte $15 * 20$ und $15 * 5$. Diese herangehensweise ist ein Beispiel für prozedurales Wissen, da es einen Satz von Regeln beschreibt, mit Hilfe deren

ich dazu in der Lage bin, schriftlich zu multiplizieren. Wichtig hierbei ist, dass die Basis von prozeduralem Wissen immer deklaratives Wissen ist. Prozedurales Wissen vermittelt stets Regeln, die deklaratives Wissen, möglicherweise verknüpft, verwenden, um komplexe Problemstellungen zu lösen.

Heuristisches Wissen Das heuristische Wissen beinhaltet im wesentlichen Erfahrungswerte von Lehrenden. Es wird daher auch häufig Erfahrungswissen genannt. Es handelt sich hierbei um typische Handlungsempfehlungen, die einem Lernenden dabei unterstützen können, die richtige Herangehensweise an eine Problemstellung zu finden. Im wesentlichen sind es Tipps, die sich im Laufe der Zeit in der Regel als hilfreich erwiesen haben.

Die Repräsentationsmöglichkeiten des Wissensmodells werden im wesentlichen in zwei verschiedene Modelle eingeteilt.

Zum einen gibt es das „Black-Box-Modell“. In diesem Modell sind die Vorgehensweisen des Programms, mit deren Hilfe es dazu in der Lage ist, eine Problemstellung zu lösen, verborgen. Dem Lernenden sind lediglich die Ergebnisse der Lösungen einsehbar. Dieses Modell hat keine Ambitionen, menschliche Intelligenz nachzustellen. Der Vorteil hiervon ist die leichtere Umsetzung zur Lösung auch komplizierter Sachverhalte, da es nicht notwendig ist, darauf zu achten, dass die Lösungswege für einen Menschen nachvollziehbar sind.

Das alternative Modell ist das „Glass-Box-Modell“. Dieses Modell erhebt den Anspruch, menschenähnliche Denkweisen zum Lösen von Problemstellungen nachzubilden. Auf diese Weise ist es dem Lernenden zu jeder Zeit der Problembearbeitung möglich, mit dem System zu interagieren. Das System ist nun in der Lage dem Lernenden Schritt für Schritt an die richtige Lösung heranzuführen.

Strukturell wird Wissen im Allgemeinen in der Regel in Form von semantischen Netzen modelliert. Bei semantischen Netzen handelt es sich um Graphen. Die Knoten des Graphen repräsentieren hierbei einzelne atomare Wissensseinheiten. Kanten, mit denen zwei Knoten verbunden werden können, zeigen, dass diese beiden Wissensseinheiten miteinander verknüpft sind. Eine übliche Form der Verknüpfungsbeziehung ist eine Voraussetzung. So kann die Kenntnis einer Wissensseinheit eine Voraussetzung dafür sein, dass eine andere Wissensseinheit erst gelernt werden kann.

3.3.2 Das Lernermodell / Das Tutandenmodell

Das Lernermodell stellt zu jedem Zeitpunkt den aktuell bekannten Wissensstand des Lernenden dar. Jede Aktion des Lernalters führt zu einer neuen Bewertung seines Wissens. Das Lernermodell ist daher stark dynamisch. Das ist notwendig damit das Intelligente Tutorielle System zu jeder Zeit dazu in der Lage ist, sich voraussichtlich optimal auf den Lernenden einzustellen. Passend zum Wissensmodell ist auch das Wissen des Lernalters im Lernermodell in zwei Kategorien aufgeteilt. Es handelt sich hierbei um deklaratives und prozedurales Wissen. Bei beidem handelt es sich um Wissen, dass in der Form auch im Wissensmodell bekannt ist.

Zusätzlich zum reinen Wissen enthält das Lernermodell auch eine Historie aller Aktionen, die der Lerner vorgenommen hat. Über die Historie lassen sich Voraussagen über Vorlieben, Stärken und Schwächen des Lernenden treffen. Dies ist notwendig, um den Lernenden einem Lernstereotypen zuzuordnen. Solches Wissen lässt sich ebenfalls über eine zusätzliche Befragung des Lernalters aneignen.

Eine typische Form ein Lernermodell darzustellen ist das Overlay-Modell. Bei dem Overlay-Modell wird das Wissen des Lernenden stets als Teilmenge des Systemwissens betrachtet. Jedes bekannte Wissensselement der Lerndomäne wird mit dem aktuellen Wissensstand des Lernalters verglichen. Streng genommen wird hierbei lediglich notiert, ob der Lernende dieses Wissensselement optimal beherrscht,

oder gar nicht. Diese strenge Trennung ist in der Praxis jedoch zu stark, weswegen typischerweise eine Bewertung jeder Wissensseinheit vorgenommen wird. So wird bewertet, zu welchem Grad der Lernende das entsprechende Wissensteil beherrscht. Im Overlay-Modell werden Fehler stets als unvollständiges Wissen betrachtet.

Diese Art von Lernerwissensmodell ist in reiner Form lediglich dazu in der Lage, zu erkennen, dass ein Lernender bestimmtes Wissen nicht besitzt. Bereits vorhandenes, aber eventuell leicht verfälschtes Wissen ist auf diese Art und Weise nicht abbildbar. Denkbar ist auch, dass der Lernende bestimmtes Wissen bereits besitzt, es jedoch lediglich falsch anwendet. Um diese Defizite auszugleichen, erweitert man das Overlay-Modell häufig noch um eine Fehlerbibliothek.

Eine Fehlerbibliothek besteht aus typischen Fehlern und Missverständnissen von Lernen. Mit Hilfe der Fehlerbibliothek ist es dem Tutorenmodell später möglich, eine bestimmte Art von Fehlern zu erkennen, und durch entsprechende Hinweise zu korrigieren. Ein Beispiel hierfür wäre ein vergessener Übertrag beim schriftlichen Addieren. Es handelt sich um einen typischen Fehler, der jedoch nicht bedeutet, dass der Lernende nicht dazu in der Lage ist zu addieren. Er vergisst lediglich einen Schritt. Eine Fehlerbibliothek ist häufig sehr groß. Es ist auch unmöglich zum Zeitpunkt des Anlegens der Fehlerbibliothek alle möglichen Fehler zu berücksichtigen oder vorherzusagen. Daher ist eine Fehlerbibliothek stets unvollständig.

3.3.3 Das Tutorenmodell / Die Didaktikkomponente

Das Tutorenmodell, auch Lehrermodell oder Didaktikkomponente genannt, simuliert das Verhalten eines Lehrers. Es erhält vom Lernermodell den aktuellen Wissensstand über den Lernenden. Mit Hilfe dieser Informationen werden in dieser Komponente Entscheidungen über das weitere Lehrverfahren getroffen. So entscheidet das Tutorenmodell zum Beispiel, wann und auf welche Art und Weise welche Lehrinhalte dargestellt werden sollen. Auch andere unterrichtsgestaltende Maßnahmen werden hier entschieden. An das Tutorenmodell werden folgende Anforderungen gestellt:

Angemessene Aufbereitung der Lehrinhalte Das Tutorenmodell muss dazu in der Lage sein die Lehrinhalte auf den Lerner spezialisiert zu adaptieren.

Angemessene Auswahl der Lehrstrategie Die Didaktikkomponente muss dazu in der Lage sein für jeden Lernenden die passende Lehrstrategie zu wählen.

Steuerung des Lehrtempos Das Lerntempo, mit dem verschiedene Lehrinhalte präsentiert werden, muss auf den Lernstil des Lernalers zugeschnitten sein. Dies bezieht sich im Wesentlichen auf die Einteilung in größere und kleinere Lernschritte.

Wahl des aktuellen Lehrziels Das Tutorenmodell muss zu jeder Zeit dazu in der Lage sein das für den Lernenden optimale jeweils nächste Lehrziel zu wählen.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, muss das Tutorenmodell mit dem Lernermodell zusammenarbeiten. Das Tutorenmodell trifft seine Entscheidungen auf Basis des aktuellen Wissensstands des Lernenden. Dieser Wissensstand erhält das Tutorenmodell über das Lernermodell. Basierend auf dem aktuellen Wissen, und durch die Analyse der bisher durchgeführten Aktionen über die Historie, ist das Tutorenmodell dazu in der Lage, auszuwählen, welcher Lehrinhalt optimalerweise auf welche Art und Weise präsentiert werden soll. Das bedeutet, dass die Adaption des Systems innerhalb dieser Komponente entschieden wird. Das Tutorenmodell bestimmt sowohl den Lehrplan, als auch die Lernmethodik.

Wie der Wissensstand des Lernenden an dieser Stelle analysiert wird, ist abhängig von der Art des Wissens. Wird deklaratives Wissen bewertet, kann lediglich unterschieden werden, ob dieses richtig oder falsch angegeben wurde. Eine Korrektur dieses Wissens geschieht üblicherweise durch eine

erneute Präsentation des korrekten Wissens. Prozedurales Wissen ist schwieriger zu analysieren. Hierfür muss entschieden werden, ob Regeln korrekt und/oder in einer zielführenden Art und Weise angewendet wurden. Dabei führen oftmals mehrere verschiedene Lösungswege zu der selben korrekten Lösung. Eine Methode, zu bewerten ob dieses Wissen korrekt angewandt wurde, ist das Model-Tracing.

Das Model-Tracing Verfahren versucht das Problemlösungsverhalten eines Lernenden nachzuvollziehen. Das korrekte prozedurale Wissen ist an dieser Stelle über das Wissensmodell bekannt. Nun wird versucht, Schritt für Schritt zu versuchen mit Hilfe der bekannten und korrekten Regeln, den Lösungsweg des Lernenden nachzuvollziehen. Hierfür wird Schritt für Schritt ein Lösungswegbaum mit zielführenden Lösungswegen aufgebaut. Verlässt der Schüler mit einem seiner Zwischenschritte diesen Baum, ist davon auszugehen, dass der Lernende an dieser Stelle eine falsche Entscheidung getroffen hat. Nun kann das System den Lernenden darauf hinweisen. Problematisch ist hierbei, dass es für das System nicht möglich ist zu wissen, ob der Lernende seine Schritte bewusst, oder durch raten angewendet hat. Daher kann es auch zu Fehleinschätzungen seines Wissenstandes kommen.

3.3.4 Die Benutzerschnittstelle

Die Benutzerschnittstelle ist die Verbindungskomponente zwischen dem Lernenden und dem Intelligenten Tutoriellen System. Sie dient dabei als Kommunikationsschnittstelle. Auf der Benutzerschnittstelle wird dem Lernenden das vom System bereitgestellte Wissen präsentiert. Der Lernende bedient über die Benutzerschnittstelle das System. Je nach Art des Systems kann es sich hierbei um die reine Eingabe von Antworten, eine schriftliche Form einer Dialogsimulation, oder auch eine Navigation über ein Menüsystem handeln.

Die Benutzerschnittstelle muss möglichst intuitiv vom Benutzer anwendbar sein. Der Lernende muss den Hauptteil seiner Konzentration auf die Erlernung der Lehrinhalte, statt auf die Bedienung des Lernsystems richten können. Das führt zu einem angenehmen Lerngefühl. Es ist daher ratsam die Schnittstelle leicht anwendbar zu gestalten.

Ebenso soll die Benutzerschnittstelle möglichst individuelle Adaptivität und Flexibilität gewährleisten. Typische Formen einer Benutzerschnittstelle sind die Kommunikation über Text und Eingabe über die Kommandozeile oder auch ein vollständiges graphisches Menüsystem.

3.4 Formen der Modifikation zur Adaption

Das Ziel eines Intelligenten Tutoriellen Systems ist es, sich während des Ablaufs der Lernphasen möglichst optimal an die Bedürfnisse des Lernenden anzupassen. Um das Ziel zu erreichen stehen einem Lernsystem verschiedene Formen der Modifikation zur Verfügung. Die Anwendbarkeit dieser Methoden hängt auch von der Art des jeweiligen Lernsystems ab. Die Methoden sind voneinander unabhängig. Auch eine Kombination dieser Methoden ist denkbar.

Im Folgenden sollen nun einige dieser Methoden beispielhaft vorgestellt werden. Die Möglichkeiten zur Adaption sind sehr vielfältig, daher handelt es sich hierbei um keine vollständige Auflistung.

3.4.1 Sequenzierung

Die Sequenzierung beschreibt das Bestimmen der Reihenfolge, in der die unterschiedlichen Lernthemen vorgestellt werden. Dabei sind sowohl vollständige Wissensbereiche im grobstrukturellen Sinne, als auch die Reihenfolge der einzelnen Lernschritte innerhalb eines Lernthemas gemeint.

So könnte das Lernsystem zum Beispiel die Reihenfolge der Aufgabenstellungen so anpassen, dass es dem Lernenden leichter fällt diese zu lösen. Es ist aber ebenfalls denkbar, dass es vollständige Aufgabenstellungen auslässt, sofern davon auszugehen ist, dass der Lernende diese bereits beherrscht.

Diese Form der Anpassung ist in Reinform nur an den Stellen möglich, in denen der Lernende selbst nicht die Navigation vornimmt.

3.4.2 Unterstützung beim Lösen von Problemen

Eine weitere Form der Modifikation zur Adaption an den Lernenden ist das Unterstützen beim Lösen von Problemen. Damit ist in der Regel eine Modifikation des vorgesehenen Lehrplans gemeint. Abweichend vom eigentlichen Lehrplan werden, wenn große Wissenslücken in einem Bereich des Lehrthemas wahrgenommen wurden, Zusatzinformationen eingeschoben, um den Lernenden dabei zu unterstützen diese Wissenslücken zu füllen.

Die Zusatzinformationen können hierbei auf verschiedene Art und Weise präsentiert werden. Es kann sich hierbei um rein angegebenes Wissen, oder auch um zusätzliche Fragen handeln, die den Lernenden auf aktive Weise seine Wissenslücken selbstständig schließen lassen. Die Art der Zusatzinformationen hängt wiederum von den bekannten individuellen Vorlieben des Benutzers ab.

Diese Art der Adaption ist dann besonders nützlich, wenn Wissen, dass zum Verständnis des zu vermittelnden neuen Wissens essentiell ist, beim Lernenden nicht vorhanden, oder noch zu schwach ausgeprägt ist. Auf diese Weise werden dem Lernenden die Grundlagen zuerst vermittelt; das Verständnis des neuen Problems wird erleichtert.

3.4.3 Adaptive Präsentation

Die adaptive Präsentation beschreibt eine andere Art der Modifikation. Diese Art der Anpassung bezieht sich nicht auf die Strukturierung der Lehrinhalte. Stattdessen wird hier die Art der Übermittlung der Wissenseinheiten optimiert. Unter der adaptiven Präsentation versteht man die Änderung der Präsentationsarten von den entsprechenden Lehrinhalten. Diese Form der Adaption konzentriert sich besonders auf die individuellen Stärken und Schwächen des Lernenden.

Es ist bekannt, dass verschiedene Menschen auf verschiedene Art und Weisen am effektivsten lernen. Manche Lerner verarbeiten Informationen, die in reiner Textform übermittelt werden besonders effektiv, währenddessen andere eine bildliche Präsentation bevorzugen. Genau diese Unterscheidung von Lerntypen ist die Kernthematik der adaptiven Präsentation. Die Voraussetzung ist es, herauszufinden welches Kommunikationsmedium am besten geeignet ist, um den Lernenden Informationen über das Wissen zu vermitteln. Ist dieses Wissen bekannt, kann ein intelligentes tutorielles System die Lehrinhalte auf optimale Art und Weise für den Lernenden bereitstellen.

3.4.4 Adaptive Navigation

Die adaptive Navigation beschäftigt sich mit den Möglichkeiten, die dem Benutzer gestellt werden, um sich eigenständig durch das Lernsystem zu bewegen. Diese Art der Adaption ist besonders gut in menügesteuerten Lernsystemen anwendbar.

Bei der adaptiven Navigation werden Lehrinhalte, die beispielsweise auf Grund der Bewertung des aktuellen Wissenstandes des Lernenden als ungeeignet eingestuft werden, vor dem Benutzer versteckt. Die Modifikation bezieht sich hier also auf die Auswählbarkeit der Navigation.

Auf diese Art und Weise soll verhindert werden, dass der Lernende auf Grund einer sehr großen Menge an Lernmöglichkeiten und Lernzielen den Überblick verliert, und so einen sehr langen Weg zur Erlernung des Lernzieles wählt, oder gar einen Lernpfad wählt, der überhaupt nicht Zielführend ist.

Mit Hilfe der adaptiven Navigation wird der Benutzer zu einem Weg des Lernens begleitet, der möglichst optimal zur Erreichung des Lernzieles führt. Informationen, die der Lernende noch gar nicht verarbeiten kann, oder zu denen dem Lernenden schlicht das nötige Vorwissen fehlt, werden ausgeblendet. So führen alle sichtbaren Navigationen lediglich zu Inhalten, die der Lernende theoretisch bearbeiten oder lernen kann.

Eine andere Form der Anpassung ist hier die Veränderung der Reihenfolge der Navigationsinhalte. Folgeschritte, die als besonders geeignet angesehen werden, werden an einer attraktiveren Stelle platziert, als schlechter geeignete Fortsetzungen. Auf diese Art und Weise wird der Lerner auf einem optimalen Lernweg gehalten.

4

Der LISP-Tutor GREATERP

4.1 Hintergrund

Ein Beispiel für ein Intelligentes Tutorielles System ist der LISP-Tutor GREATERP¹. Dieses Lehrsystem wurde in den 80er Jahren an der Carnegie-Mellon-Universität entwickelt. Ziel des Lernsystems ist es, einem Lernenden die Prinzipien von LISP zu lehren. Dabei soll das Gefühl eines auf den Lernenden zugeschnittenen Einzelunterrichts entstehen.

Das Programm verfügt über eine sehr einfach gehaltene Benutzerschnittstelle. Die einzige Kommunikationsform zwischen Tutor und Schüler ist Text. Das Programm präsentiert seine Informationen und Aufgabenstellungen in reiner Textform, während der Schüler in einem dafür vorgesehenen Editorfeld darauf antworten kann. Kommt der Schüler an einer Stelle des Programms nicht weiter, hat über das Textfeld auch die Möglichkeit nach einer genaueren Erklärung zu verlangen. Da das Lernprogramm vergleichsweise sehr natürlich sprachlich kommuniziert, entsteht der Eindruck eines echten Dialogs.

Der Ablauf entspricht hierbei dem typischen Ablauf eines ITS. Das System stellt dem Schüler eine Aufgabe. Der Schüler gibt eine Lösung ab, oder fragt nach genauerer Erklärung. Die abgegebene Lösung wird von dem System analysiert, sodass sich im Lernermodul ein Modell aktuellen Wissensstands des Schülers bildet. Das System bewertet im Zusammenspiel des Wissensmodells und des Lernermodells die Lösung und den aktuellen Wissensstand. Auf Basis dieser Analyse entscheidet das Tutorenmodell, welche Art von Aufgabenstellung sich für den Schüler in der Folge am Besten eignet. Feedback wird sofort gegeben.

4.2 Der Beispieldialog - Das Lösen der Fakultät-Aufgabe

Um die Arbeitsweise des intelligenten LISP-Tutors näher zu erläutern, wird im Folgenden ein Beispieldialog präsentiert. Dieser ist an der Carnegie-Mellon-Universität mit Hilfe eines Studenten und dem Lernsystem entstanden. Die Präsentation der Ausgabe entspricht nicht dem originalen Design des Programms, sondern aus Gründen der Übersicht tatsächlich als eine Art Dialog dargestellt. Des weiteren wird der Dialog in verkürzter Form präsentiert, um die wichtigen Aspekte herauszuarbeiten.

¹Goal-Restricted Environment for Tutoring and Educational Research on Programming

```

TUTOR:
Define the function fact. It takes a number argument n, and computes the
factorial of n, which is the result of multiplying n*(n-1)*(n-2) ... *
1.
By definition, 0! is 1.

USER-INPUT:
(defun fact(n)
  (cond ((equal) < ACTION >)
    <RECURSIVECASE>
  ))

TUTOR:
I assume that you are trying to test if the number argument is equal to
the number zero. There is a special function for testing equivalence to
zero.
Try to use that function instead of equal.

What code can you write to test if the condition for terminating case is
true?
Try writing a predicate!

```

Abbildung 4.1: Beispieldialog LISP-Tutor Teil 1

Anhand des ersten Teils fällt sofort auf, dass das Lernsystem in Schriftform, aber auf natürlich sprachliche Art und Weise mit dem Lernenden kommuniziert. Im zweiten Schritt, nach der Eingabe des ersten Lösungsansatzes, ist zu sehen, dass das Lernsystem dazu in der Lage ist, den eingegebenen Lösungstext zu verstehen. Die Lösung wird nicht bloß mit einer Musterlösung verglichen und als falsch titulierte. Stattdessen erkennt das Programm die Intention und liefert Ansätze zur Verbesserung. Dies ist ein gutes Beispiel zur Verdeutlichung der Funktionsweise des heuristischen Wissens im Wissensmodell. Der Fehler, für den Vergleich mit der Zahl null, die Funktion equal statt zerop zu verwenden, ist ein häufig vorkommender Fehler. Dieser wurde mit Hilfe des heuristischen Wissens erkannt und durch das Tutorensystem mit einem entsprechenden Tipp kommentiert.

```

TUTOR:
Is the value of fact in the recursive cases calculated by:
PRESS:      IF YOU WANT TO:
1           Calling fact recursively with n.
2           Multiplying n by fact of n minus 1.
3           Getting 1 2 ... n and then multiplying the results.
4           Have the tutor choose.

USER-INPUT:
3

TUTOR:
That is a reasonable way to think of doing factorials, but it is not a
plan for a recursive function.
Since you seem to be having trouble with the recursive cases, let us
work through some examples and
figure out the conditions and actions for each of these cases.
(...)

```

Abbildung 4.2: Beispieldialog LISP-Tutor Teil 2

Hier sieht man ein Beispiel einer theoretischen Frage, die nicht direkt mit Code beantwortet wird. In diesen Auswahlen gibt es optimale und nicht-optimale Lösungen. Diese Frage wird dem Lernenden gestellt, da er in den vorangegangenen Lösungsschritten bereits Hilfestellungen in Anspruch nehmen musste. Im Lernermodell wird er daher bisher als nicht fortgeschrittener Benutzer bewertet. Da es sich im Kern um eine Aufgabe zum Thema Rekursion handelt, wird über die theoretische Zwischenfrage geprüft, ob der Lernende sich bereits mit dem Thema auskennt. Da die Frage in diesem Beispiel falsch beantwortet wird, werden nun erst die allgemeinen Verständnislücken zum Thema Rekursion geschlossen, bevor mit der eigentlichen Übungsaufgabe fortgefahren wird. Hätte der Lernende die Frage richtig beantwortet, wäre der Kurs an dieser Stelle direkt mit der Weiterführung der Programmierung fortgefahren. Auch hier zeigt sich wieder das Zusammenspiel des Lerner- und des Tutorenmodells.

5

Zusammenfassung

Intelligente Adaptive Systeme sind ein interessanter Ansatz, um adaptives Lernen auf Lernsoftware zu übertragen. Es wurden jedoch, trotz der langen Existenz dieser Medien, wenig Fortschritte in diesem Bereich gemacht. Auch haben sich Intelligente Tutorielle Systeme nicht gegenüber klassischer Lernsoftware durchgesetzt.

(Tabelle mit ein paar ITS aus its.pdf)

In der Tabelle kann man sehen, dass die meisten ITS in den 80er Jahren entwickelt wurden. Betrachtet man die jeweiligen Fachgebiete, fällt auf, dass die Gesamtmenge der Fachbereiche sehr eingeschränkt ist. Die meisten ITS behandeln Themen wie Informatik, Mathematik, Physik oder Medizin. Der Grund hierfür ist, dass für eine geeignete Wissensrepräsentation in der Form, wie sie im Wissensmodell vorliegen muss, das Wissen in der jeweiligen Thematik sehr eindeutig definiert sein muss. So lassen sich Mehrdeutigkeiten, oder besonders subjektiv interpretierbare Sachverhalte schlecht maschinell bewerten oder logisch erfassen. Daher ist eine Programmierung eines Intelligenen Tutoriellen Systems in solchen schwach definierten Thematiken, wie zum Beispiel der Philosophie, schwer umsetzbar.

Ein weiterer Punkt, der die Verbreitung von ITS negativ beeinflusst ist die vergleichsweise aufwendige und komplexe Entwicklung und Wartung. Dadurch sind sowohl die Dauer, und die damit verbundenen Kosten zur Umsetzung eines ITS sehr hoch. Gerade zur Zeit der 80er Jahre, in denen sich die meisten ITS entwickelt haben, gab es noch nicht die jetzigen Möglichkeiten zur Verbreitung entwickelter Software. So war ein entwickeltes ITS später nur lokal an der Entwicklungsstelle verwendbar.

Die Forschung, die sich damit beschäftigt den Lernprozess oder auch den Wahrnehmungsprozess von Menschen zu verstehen, gilt auch heute nicht als abgeschlossen. Das bedeutet, dass auch zum jetzigen Stand das Verständnis über das Lernverhalten eines Menschen nicht vollständig ist. In Folge dessen ist es schwierig, ein geeignetes Lerner- und auch Tutorenmodell zu schreiben, dass entsprechende Maßnahmen bezogen auf einen Menschen treffen soll. Ein ITS steht und fällt mit der korrekten Adaption. Diese ist jedoch abhängig von der Qualität des Lerner- und Tutorenmodells. Die Konsequenz von der unvollständigen Forschung ist, dass das Lernermodell meist zu simpel konstruiert wird. Auf diese Weise wird die Adaptionsfähigkeit eines ITS negativ beeinflusst und ein eigentlich gutes Konzept kann sein volles Potential nicht entfalten.

Auch der generelle Ansatz des adaptiven Lernens ist nicht frei von Kritik. Oftmals wird bemängelt, dass durch eine zu hohe Anpassung an die individuellen Bedürfnisse eines Lernenden der Eigenanteil des Schülers im Lernprozess viel zu gering ausfällt. Dabei soll gerade die Eigeninitiative dafür sorgen, dass gelerntes Wissen sich besser festigt und nicht mehr so flüchtig ist.

Die meisten Intelligenen Tutoriellen Lernsysteme berücksichtigen auch keine soziale Komponente, die in der Lerntheorie oftmals jedoch eine große Rolle spielt.

Diese hohe Anzahl an Kritikpunkten, und sowohl die mit der Entwicklung verbundenen hohen Kosten als auch der Mehraufwand, sind mögliche Begründungen für das bisherige Scheitern der Intelligenen

5 Zusammenfassung

Tutoriellen Systeme im Vergleich zu herkömmlicher Lernsoftware. Gerade in der Wirtschaft wiegen die Vorteile von ITS die Mehrkosten bisher nicht auf.

Literaturverzeichnis

- [HST] M. Hasselhorn, W. Schneider, and U. Trautwein. *Lernverlaufsdiagnostik*. Tests und Trends.
- [IK02] L.J. Issing and P. Klimsa. *Information und Lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis*. Beltz PVU. Beltz, PVU, 2002.
- [KH07] H.W. Krohne and M. Hock. *Psychologische Diagnostik: Grundlagen und Anwendungsfelder*. Kohlhammer Standards Psychologie. Kohlhammer, 2007.
- [Leh10] R. Lehmann. *Lernstile als Grundlage adaptiver Lernsysteme in der Softwareschulung*. Medien in der Wissenschaft. Waxmann, 2010.