

# Modellbasierte Adaptivität von e-learning-Anwendungen

Christian Stary

Institut für Wirtschaftsinformatik-Communications Engineering  
Universität Linz, Freistädterstraße 315, A-4040 Linz  
Christian.Stary@JKU.AT

**Abstract:** In diesem Beitrag werden jene Modelle diskutiert, welche zur Gestaltung lernendenorientierter Interaktion im e-Learning Relevanz besitzen, und zwar auf Basis der bisherigen Entwicklungen von ProcessLens zur aufgabenbasierten Entwicklung interaktiver Systeme und Scholion, einer Lehr-/Lernplattform zur Unterstützung selbstgesteuerten Wissenstransfers.

## 1 Einführung

Obwohl sich die Gestaltung von e-learning-Systemen in Richtung selbstgesteuerten Wissenstransfer entwickelt, bestimmen institutionalisierte Systeme wie Universitäten deren Einsatz. In Abbildung 1 sind die Beteiligten wie Lehrende, Lernende, Content-Entwickler, etc. als NutzerInnen in unterschiedlichen Rollen codiert - Beziehung (a). Institutionalisierte Systeme legen weiters die Organisation der Vermittlung und somit den rollenspezifischen Zugang zu Information fest – Beziehung (b). Dieser wird in technischen Systemen im funktionalen Teil codiert, etwa durch einen kursspezifischen login-Vorgang, und ist bei modellbasiertem Design zu berücksichtigen.

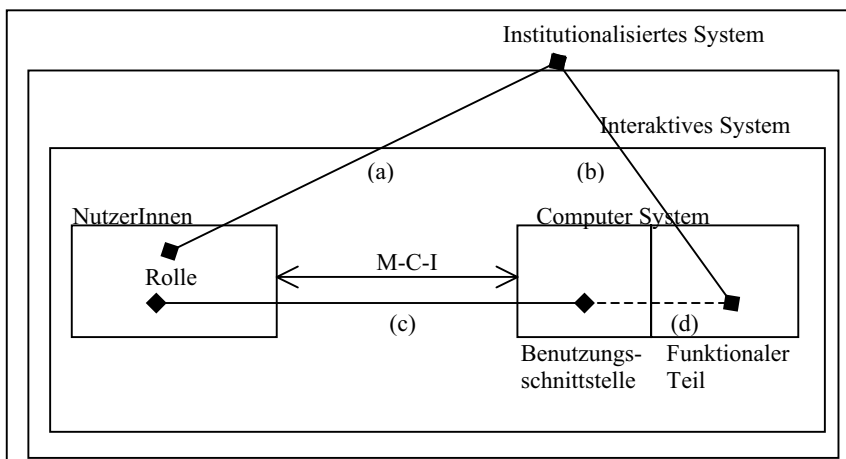


Abbildung 1: Lehren und Lernen in kontingenten Systemen

Die Mensch-Computer-Interaktion in sozio-technischen Systemen (Beziehung M-C-I (c) in Abbildung 1) erfolgt über die Benutzungsschnittstelle, wo individuelle Charakteristika von NutzerInnen zusätzlich zur jeweiligen Rolle zu berücksichtigen sind und die Interaktion, wie beispielsweise der Umgang mit Fenstern (überlappend oder nicht) an das individuelle räumliche Vorstellungsvermögen angepasst erfolgen sollte. Weiters sollte der Inhalt für Vermittlungs- und Lernvorgänge (etwa nach Lerntyp) individuell strukturierbar sein und aus synchronen und asynchronen Kommunikationsmöglichkeiten (z.B. chat, Forum) gewählt werden können [AS05, Sta07].

Ein interaktives e-learning-System (in der Folge auch Lehr-/Lernumgebung genannt) stellt folglich ein sozio-technisches System dar, welches in einem institutionellen Rahmen Lernstoff (content) individualisiert navigier- und erfassbar macht. NutzerInnen sollten dabei auch mittels unterschiedlicher Endgeräte auf die e-learning-Anwendung zugreifen können. Die Palette umfasst stationäre und mobile Geräte (PCs, PDAs etc.). Folglich sollte die mit dem funktionalen Teil verbundene Benutzungsschnittstelle unter anderem unterschiedliche Gerätezugänge ermöglichen (Beziehung (d) in Abbildung 1).

Die Adaptierbarkeit von interaktiven Software-Systemen wird häufig als Schlüsselfaktor genannt, um die nutzerInnenzentrierte Interaktion mit technischen Systemen und damit aufgabenspezifische Problemlösungen zu erleichtern. Im Kontext von e-learning bedeutet dies die Anpassung von Präsentation, Navigation und Inhalt an Lern(enden)erfordernisse (vgl. [BP03, AS05]). In der Folge beschäftigen wir uns mit den Charakteristika adaptiver e-learning-Systeme aus modellbasierter Sicht, insbesondere mit der Anzahl erforderlicher Modelle und deren wesentlichen Inhalte (vgl. [For99]).

Der in der Folge vorgestellte Referenzrahmen zur modellbasierten Entwicklung ist auf die kollaborative Lehr-/Lernplattform Scholion [AS05] sowie das modellbasierte Werkzeug ProcessLens [DFH04] zurückzuführen. Es werden typische Designelemente von e-learning-Umgebungen im Sinne sozio-technischer Gestaltung adaptiver Systeme eingeführt, und zwar im Kontext institutionalisierter (Aus-)Bildung. Dabei bezeichnet die Beziehung (b) in Abbildung 1 die Transformation der Rollen von Transferbeteiligten sowohl aus Sicht der Institutionalisierung, d.h. unter welchen organisatorischen und sonstigen Rahmenbedingungen die Vermittlung erfolgt, als auch nach den durch die Technik und Medien gegebenen Möglichkeiten der Gestaltung bzw. Anpassung des Vermittlungsprozesses. Letztere regeln technisch relevante Zugriffsrechte. Typische Konkretisierungen dieses Verhältnisses sind der Anspruch der Lernenden, den Lehrenden nach (Lern-)Bedarf kontaktieren zu können oder gegebenenfalls den Vermittlungsprozess zu unterbrechen. In informatik-spezifischen Ansätzen wird unter Adaptivität vornehmlich die Anpassung von Inhalt und dessen Manipulationsmöglichkeiten über Navigations- und/oder Präsentationsfeatures verstanden (vgl. [BP03]). Dies greift für die Gestaltung von lernunterstützenden Vermittlungsumgebungen zu kurz. Bei e-learning spielen neben den genannten Elementen sowohl die Kommunikation bzw. die Kollaboration als auch pädagogische Akte und die Modalität entscheidende Rollen (vgl. [St06b]). Wir können Inhalt, Kommunikation und pädagogische Akte im funktionalen Teil des Computersystems, und Präsentation, Navigation und Modalität in der Benutzungsschnittstelle ansiedeln, da letztere das unmittelbare Handlungsfeld für NutzerInnen darstellt.

So muss beispielsweise Inhalt in für Menschen wahrnehmbarer Form dargestellt oder dargebracht werden, um verarbeitet und/oder manipuliert werden zu können. Mit *Inhalt* wird jene Kategorie von Information angesprochen, die fachlichen Bezug zur Vermittlung und zum Lernen aufweist. Mit *Kommunikation* sind alle zwischenmenschlichen Austauschvorgänge von Information gemeint, die Bezug zur Vermittlung oder zum Lernen aufweisen. *Pädagogische Akte* sind verhaltensbezogene Vermittlungs- und Erwerbsleistungen, welche den individuellen Wissenserwerb erleichtern sollen und zumeist eine gezielte Intervention der Lehrenden darstellen. Sie sind oft direkt mit Inhaltselementen verknüpft, z.B. mit der handlungsorientierten Hinführung von Lernenden, um Beispiele lösen zu können.

Die *Präsentation* spricht deren Auftreten bzw. Erscheinungsbild an, z.B. die Darstellung von Inhaltselementen in einem eigens gekennzeichneten Browser-Bereich. Unter *Navigation* wird der interaktive und explorierende Zugang zu strukturierter (auch didaktisierter) Information verstanden, wie beispielsweise eine hierarchisch gegliederte Abschnittsstruktur von Inhalten, die auch hypermedial verbunden sind. Die *Modalität* bezeichnet die durch die Form (Kodalität) von Information mögliche Art der interaktionsorientierten Vermittlung und ebensolchen Zugang zu Information, also beispielsweise die akustische Menüführung im Web durch eine Inhaltsstruktur.

Betrachten wir diese Gestaltungsschwerpunkte im Kontext der beiden interaktiven Systemkomponenten (siehe Abbildung 1) funktionaler Teil und Benutzungsschnittstelle, so sind für den funktionalen Teil die Abbildung von Inhalts- und Kommunikationsstrukturen sowie die Realisierung der entsprechenden Funktionalität zur Bedienung und Verwaltung wesentlich. Die pädagogischen Akte sind vermittlungsspezifisch und können auch computerunterstützt wirksam werden. Auf Seite der Benutzungsschnittstelle ist zunächst die Präsentation der im funktionalen Teil abgebildeten, interaktiv für NutzerInnen zugänglichen Elemente wesentlich. Die Navigation führt zu diesen Elementen hin, z.B. gemäß einem Lernpfad oder Aufforderungsakt zum Selbsttest, während die Modalität die Form der Interaktion durch einen verfügbaren Kanal (z.B. akustische Ein-/Ausgabe auf mobilem Zugangsgerät) bestimmt wird und vom Typ der Information und der (Kombination von) Medien abhängig ist.

Die der Benutzungsschnittstelle zugeordneten Schwerpunkte werden für NutzerInnen sichtbar bzw. erfahrbar. Sie stellen das Handlungsgefüge des sozio-technischen Lehr-/Lernsystems dar – siehe Beziehung (c) in Abbildung 1. Da diese Komponenten allerdings auch bestimmte technische Funktionen bedingen, wurde in Abbildung 1 Beziehung (d) eingeführt. Sie ist in beide Richtungen zu lesen. Technische Funktionen können nur sichtbar werden, d.h. ein Interaktionsgefüge bilden, sobald eine Beziehung zwischen der Benutzungsschnittstelle und dem funktionalen Teil eines Computersystems besteht. Umgekehrt können nur Interaktionsvorgänge unterstützt werden, die auch software-technisch (d.h. im funktionalen Teil) realisiert sind.

Sobald nun die Gestaltungsschwerpunkte adaptiver e-learning-Systeme mit technischen Systemelementen in Beziehung gesetzt werden, ergibt sich ein entsprechendes Handlungsfeld und die Reichweite (scope) modellbasierter Entwicklungsunterstützung.

## 2 Modellbasierte Entwicklung adaptiver e-learning-Systeme

In modellbasierten Ansätzen wurde bislang von einer Ingenieursperspektive ausgegangen. Dies reflektiert der gängige Ansatz zur schichtengetriebenen, modularen Entwicklung (vgl. [Pat03]): Ein *Aufgabenmodell* auf höchster Abstraktionsstufe nimmt alle Aktivitäten auf, die NutzerInnen zur Erreichung spezifizierter Ziele setzen. Attribute beschreiben diese Aktivitäten entlang einer Hierarchie, die kausalen oder/und temporalen Aspekten der Aufgabenerfüllung genügt. Darüber hinaus enthält das Aufgabenmodell auch (Geschäfts-)Objekte, die im Rahmen der Aufgabenbewältigung zu manipulieren sind. Ein *abstract user interface model* liegt unterhalb des Aufgabenmodells. Es enthält die logische Struktur zur interaktiven Aufgabenbewältigung. Elemente von Interaktionsstilen in ihrem wechselseitigen Zusammenhang, wie beispielsweise Browser-Elemente zur Datenmanipulation, werden in diesem Modell abgebildet. Die Beziehung zu Aufgaben und Nutzerzielen wird in diesem Modell explizit repräsentiert. Ein *concrete user interface model* enthält die Kodalität der an der Benutzungsschnittstelle präsentierten Information sowie die tatsächlichen Eingriffsmöglichkeiten durch NutzerInnen. Plattform- und medienspezifische Details werden hinzugefügt, um eine Anwendung physisch realisieren zu können.

Sozio-technisches adaptives Systemdesign erfordert einen erweiterten modellbasierten Entwicklungsansatz (vgl. [DFH04]). Es sind nach unseren Erfahrungen 4 struktur- und verhaltensspezifisch gleichwertige, miteinander in expliziter Verbindung stehende Modelle erforderlich, die über ein Adaptierungsmodell steuerbar sind. Im Gegensatz zu den meisten Ansätzen steht damit neben einer (hierarchisch) strukturierten Betrachtung relevanter Teile interaktiver Software die integrative Betrachtung von ‚Design-Ingredienzen‘ entlang der unterschiedlicher Phasen der Entwicklung im Mittelpunkt: Das *Aufgabenmodell* enthält die Struktur der Arbeitsorganisation, inkl. aufgabenspezifischer Abläufe, im e-learning primär Lern- und Vermittlungsaufgaben. Das *NutzerInnenmodell* umfasst funktionale Rollen (und damit auch rollenspezifische Ausschnitte des Aufgabenmodells) sowie Eigenschaften von NutzerInnen, welche die Anpassung von Interaktionsformen oder Medien ermöglichen (z.B. linkshändiger Lehrender). Das *Problembereichsmodell* spiegelt alle aufgaben- und nutzungsrelevanten Ressourcen wider, insbesondere Content-Daten mit ihren Lebenszyklen. Das *Interaktionsmodell* fasst die verfügbaren Interaktionsmittel zur Navigation und Präsentation zu Interaktionsstilen zusammen, sowohl aus struktureller als auch aus Ablauf-Sicht.

In Abbildung 2 werden die jeweiligen Struktur- und Verhaltensspezifikationen im Wechselspiel gezeigt. Jedes der bislang angesprochenen Modelle besitzt einen Struktur- und Verhaltensteil. Diese Teile stehen in jeweiligem Zusammenhang mit den anderen Modellen, um Adaptivität zu ermöglichen. Auf Strukturebene sind es spezielle Assoziationen, auf Verhaltensebene Synchronisationselemente, welche die Anpassung an Aufgaben, NutzerInnen, Materialien und Interaktionsmedien repräsentieren.

Das *Adaptierungsmodell* enthält Regeln, welche die Verarbeitung von Inhalten modellübergreifend ermöglichen. Regeln ergeben sich zum Teil aus der im Aufgabenmodell spezifizierten Information und damit der Anwendungsdomäne. So darf beispielsweise ein Benutzer aufgrund seiner Rolle und seiner Erfahrung nur bestimmte Aktionen setzen. Im e-learning kann dies die pädagogischen Akte treffen. Regeln ergeben sich aber auch aus Nutzungssituationen heraus, etwa, sobald beispielsweise Lernende am Campus themenspezifisch via mobiler Geräte kommunizieren (Modalität). Adaptierungsregeln triggern somit Systemverhalten, und zwar abhängig von der jeweiligen Nutzungssituation der Anwendung. Der Wirkungsbereich des Adaptionmodells kann jedes der bisher genannten Modelle sein. Dabei ist sowohl auf das Struktur- als auch Verhaltensgefüge zu achten [Sta00, St06a].

Die integrierte Spezifikation aller Modelle bezeichnen wir als *Applikationsmodell*. Dies deshalb weil mit dem gezeigten Ansatz nicht nur Strukturen abgestimmt werden können, sondern auch modellspezifische Abläufe. Entwickler kennen damit z.B. sämtliche Optionen, wie Aufgaben präsentiert werden können. Durch die Abstimmung modellspezifischer Verhaltensspezifikationen wird eine modellübergreifende durchgängige Ablaufspezifikationen möglich. Eben diese Durchgängigkeit erlaubt vielfältige Adaptivität von e-learning-Systemen: (i) Lern- bzw. Transferaufgaben können auf unterschiedlichem Weg erfolgen; (ii) NutzerInnen können unterschiedliche Rollen mit Bezug zum Inhalt einnehmen (Diskutant, Gruppenverantwortlicher); (iii) Daten können unterschiedliche Bedeutung haben (z.B. Text als Erklärung oder Hintergrundinformation bzw. -material); (iv) Information kann unterschiedlich präsentiert werden, etwa als Teil von Diskussionen. In allen Fällen sind Struktur- und Verhaltensbeziehungen von Modellen abzustimmen. Gelingt darüber hinaus die Definition einer operationalen Semantik (vgl. [Sta00, DFH04]), dann können Benutzungsschnittstellen prototypisch auf Basis der synchronisierten Verhaltensspezifikation erstellt werden.

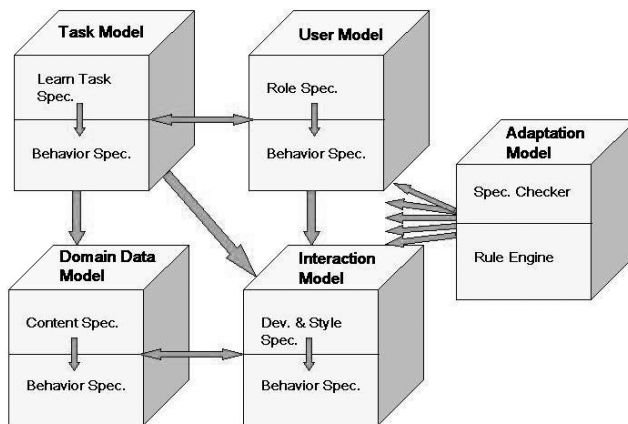


Abbildung 2: Erweiterung der ProcessLens-Modelle für adaptive Systemgestaltung

Ein typischer Anwendungsfall im e-learning ist die Adaptierung des Materials nach bestimmten Lernpfaden, welche fächer- und manchmal sogar lehrendenspezifisch vorgenommen wird. Lernpfade sind eine Sicht auf Information (Content) im Problembereichsmodell. Dabei wird in der Spezifikationskomponente der strukturelle Anteil verankert. Dies ist in diesem Fall die Verknüpfbarkeit von didaktischen Komponenten nach beispielsweise konstruktivistischen Prinzipien. Die ‚ist-Teil-von-Lernpfad‘-Assoziation verbindet dann etwa ‚Beispiel‘- mit ‚Assessment‘-Elementen sowie mit Diskussionsforen. Der Specification Checker prüft das Vorhandensein derartiger Beziehungen. Er spannt die gesamte (Domänen-)Ontologie auf und prüft die syntaktisch korrekte Umsetzung in Strukturdiagrammen (z.B. UML-Klassendiagrammen). Er enthält weiters Regeln, welche die Verhaltensdiagramme aller an der Erstellung eines Lernpfades beteiligten Modelle diesbezüglich abstimmt.

Die Rule Engine stellt sicher, dass das Verhalten der beteiligten Komponenten entsprechend der Specification-Checker-Regeln erzeugt werden kann. Für den Fall der Lernpfade wird nicht nur bei der Präsentation der nicht relevante Inhalt ausgeblendet (d.h. alle anderen Elemente mit Ausnahme von ‚Beispiel‘ und ‚Assessment‘), sondern es werden auch unmittelbar Foren bei der Anzeige angelegt, die eine kontextsensitive Kommunikation ermöglichen. Somit kann ein Lernpfad angelegt werden, der dem konstruktivistischen Lernparadigma Rechnung trägt. Da dies bereits zu einem frühen Zeitpunkt der Entwicklung erfolgen kann, kann auch sehr früh über das Ausmaß der Adaptierbarkeit einer Lehr-/Lernumgebung befunden werden. Voraussetzung ist die explizite Spezifikation der Struktur- und Verhaltensinformation. Sie erlaubt die direkte Umsetzung semantischer Konzepte in syntaktische Konstrukte, die implementierungstechnisch möglich sind.

## LITERATUR

- [AS05] Auinger, A., Stry, Ch.: Didaktik-geleiteter Wissenstransfer. Interaktive Informationsräume für Lern-Gemeinschaften im Web, DUV, Wiesbaden, 2005
- [BP03] Brusilovsky, P., Peylo, C.: Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. In: Int. J. on Artificial Intelligence in Education 13, 153-169, 2003
- [DF04] Dittmar, A.; Forbrig, P.; Heftberger, S.; Stry, Ch.: Tool Support for Task Modelling – A ‘Constructive’ Exploration. In: Proc. EHCI-DSVIS’04, LNCS 3425, 59-74, 2005
- [For99] Forbrig, P.: Task- and Object-oriented Development of Interactive Systems - How Many Models are Necessary? In: Proc. DSVIS’99, Braga, 1999
- [Pat03] Paternò, F.; Santoro, C.: A Unified Method for Designing Interactive Systems Adaptable to Mobile and Stationary Platforms. In: Interacting with Computers 15(3) 347-364, 2003
- [Sta00] Stry, Ch.: TADEUS: Seamless Development of Task-based and User-oriented Interfaces. In: IEEE Trans. on Man, Systems, and Cybernetics 30, 509-525, 2000
- [St06a] Stry, Ch.: Ensuring Task Conformance and Adaptability of Polymorph Multimedia Applications. In: Handbook of Research on Mobile Multimedia, Vol. I, ed.: I.K. Ibrahim, Idea Publishing, 291-310, 2006
- [St06b] Stry, Ch.: Content als Kontext zur Kommunikation in E-Learning. In: Zeitschrift für E-learning, Lernkultur und Bildungstechnologie, 1, 54-65, 2006
- [Sta07] Stry, Ch.: Intelligibility Catchers for Self-Managed Knowledge Transfer. In: Proc. ICALT’07 Int. Conf. on Advanced Learning Technologies, IEEE, 2007