

*Christian Swertz, Peter Henning, Alessandro Barberi, Alexandra Forstner, Florian Heberle, Alexander Schmölz*

## **Der didaktische Raum von INTUITEL**

### **Ein pädagogisches Konzept für ein ontologiebasiertes, adaptives, intelligentes, tutorielles LMS-Plugin**

#### **Zusammenfassung**

Die Gestaltung von Lernräumen als Software entgrenzt die didaktischen Spielräume im Vergleich zur Gestaltung von Lernräumen als Gebäude. Die resultierenden Räume können statisch oder als interaktive Räume dynamisch gestaltet werden. Die dynamische Gestaltung interaktiver, d.h. adaptiver Räume mit Mitteln der künstlichen Intelligenz ist bisher wenig erfolgreich gewesen. Daher wird vorgeschlagen, didaktische Überlegungen in die Konzeption von solchen Softwareräumen einzubeziehen. Ein Konzept für einen solchen Raum wird am Beispiel der Adaption von Lernpfaden und der Auswahl von Rückmeldungen vorgestellt.

#### **1 Einleitung**

Werden Medien als physikalische Zeichenträger verstanden, die von Entscheidungsimpulse setzenden Akteuren als Zeichen gestaltet werden können (Swertz, 2000), ist neben der Anordnung der Zeichen, d.h. der Ordnung der Inhalte in einen physikalischen Zeichenträger, auch die Gestaltung des physikalischen Zeichenträgers eine Aufgabe für die Mediendidaktik. Dabei wird zu einer spätestens seit Comenius und Rousseau prominenten Erziehung durch die Dinge (Parmentier, 2001), wie die physikalischen Zeichenträger auch bezeichnet werden, von Nohl bemerkt, dass „die gewünschten Handlungspraktiken nicht erzwungen, sondern durch die Dinge nur nahegelegt werden“ (Nohl, 2011: 201). Das ist keine Besonderheit, die nur von physikalische Zeichenträger gestaltenden Mediendidaktikerinnen und Mediendidaktikern zu berücksichtigen ist, sondern ein allgemeines Kennzeichen von Verständigungsprozessen zwischen Entscheidungsimpulse setzenden Akteuren. Ein Beispiel dafür ist das Erlernen von Wissen, so, dass es in einer Klausur auch dann erfolgreich wiedergegeben werden kann, wenn die Lernenden und die Lehrenden das Wissen und möglicherweise auch die Institution für witzlos halten. In einem solchen Fall führen die Handlungspraktiken kaum zu Denkpraktiken. Denkpraktiken können nie erzwungen werden, weil die Entwicklung von Denkpraktiken die wie auch

immer gewonnene Zustimmung des lernenden Entscheidungsimpulse setzenden Akteurs voraussetzen.

Allerdings legen materielle Zeichenträger Handlungspraktiken nicht nur nahe, sondern können Handlungen erzwingen. Ein einfaches Beispiel dafür ist die durch eine Software erzwungene Eingabe eines Passworts. Diese Handlung wird nicht nur nahegelegt, sondern in der Tat ohne irgendeine Toleranz für die geringste Abweichung erzwungen. Dabei ist wegen der syntaktischen Null-dimensionalität von Computern (Swertz, 2000) klar, dass die Software im Gebrauch als materieller Zeichenträger fungiert.

Nun führt eine solche erzwungene Handlung allerdings keineswegs automatisch zu bestimmten Entscheidungen von Akteuren, in denen sich bestimmte Denkpraktiken ausdrücken. Es ist vielmehr möglich, sich etwa zur Eingabe eines Passworts zwingen zu lassen, ohne sich damit schon einer Herrschaft der kybernetischen Maschine zu unterwerfen.

Da es aber in der pädagogischen Praxis um Menschen und daher nicht nur um die meist als Ausbildung bezeichneten Handlungspraktiken geht, sondern auch um die oft als Bildung diskutierten Denkpraktiken, ist die Dialektik von Handlungs- und Denkpraktiken in der Gestaltung von Lernräumen mittels Software zu berücksichtigen. Die These ist nun, dass die Dialektik von Handlungen und Denken oder von Praxis und Theorie bei der Gestaltung von intelligenten tutoriellen Systemen und adaptiven Lernräumen bisher kaum berücksichtigt worden ist, aber berücksichtigt werden muss und auch berücksichtigt werden kann.

Um diese These zu begründen, werden zunächst Ansätze zur Gestaltung intelligenter tutorieller adaptiver Lernräume aus didaktischer Sicht diskutiert und anschließend an einem Beispiel, in dem die Gestaltung von Spielräumen im Bereich der Lernpfade und der Rückmeldungen im Mittelpunkt steht, die behauptete Möglichkeit der Berücksichtigung der Dialektik demonstriert.

## **2 Ansätze zur Gestaltung intelligenter, tutorieller und adaptiver Lernräume**

Gegenstand der Didaktik ist die Abbildung von Sachverhalten in die Lernzeit (Hönigswald, 1927; Meder, 1997). Die Artikulation der zeitlichen Abfolge, in der Inhalte mit Unterrichtsmethoden in didaktischer Absicht verbunden werden, ist dabei zentral. Aus diesem Grund wird der Umgang mit Lernpfaden hier in den Mittelpunkt gestellt. Dabei gibt es keinen Grund für die Annahme, dass die Artikulation vollständig formalisiert werden kann. Es sind immer interpretative Akte erforderlich, die Entscheidungsimpulse von Akteurinnen und Akteuren implizieren.

Um nun vorliegende Ansätze zur Gestaltung intelligenter tutorieller und adaptiver Systeme diskutieren zu können, muss zunächst die Perspektive, aus der heraus die Diskussion erfolgt, dargestellt werden. Dabei kommt es hier nicht auf eine genaue Darstellung der vielfältigen Positionen an. Vielmehr genügt für diesen Zweck eine kurze Skizzierung einiger Markierungen.

Eine erste Markierung ist, dass Menschen über einen freien Willen verfügen. Eine in der deutschsprachigen Bildungswissenschaft zentral rezipierte Sichtweise ist die von Kant, die etwa von Benner (2009) aufgegriffen wird (kritisch dazu: Giesinger 2011). Entscheidend ist dabei, dass überhaupt so etwas wie ein wie auch immer gedachter freier Wille zu berücksichtigen ist. Weil der freie Wille notwendig zu berücksichtigen ist, sind Ursache-Wirkungs-Modelle nicht geeignet, um didaktische Handlungen zu orientieren (Hönigswald, 1927).

Eine zweite Markierung ist, dass es in der pädagogischen Praxis und in der pädagogischen Theorie zunächst und vor allem um den einzelnen Menschen geht. Spätestens seit Comenius (1657), der jeden einzelnen Menschen in den Mittelpunkt gerückt hat, gehört das „omnes“ zum pädagogischen Programm. Hier ist relevant, dass der einzelne Mensch schon deswegen bedacht werden muss, weil es immer einzelne Menschen sind, die lernen. Daher ist die Relevanz von mit Maßen der zentralen Tendenz begründeten Argumenten für die mediendidaktische Gestaltung von Lernräumen gering.

Eine dritte Markierung ist, dass Lehrende und Lernende keine bekannte, sondern eine immer auch unbekannte Zukunft erwartet. Diese Überlegung wird spätestens seit Schleiermacher (1957) und Dewey (2000) in der Didaktik diskutiert. Das führt nicht nur zu spezifischen didaktischen Herausforderungen bei der Entscheidung über Ziele und Inhalte der Erziehung und des Unterrichts, sondern ist auch für die mediendidaktische Gestaltung physikalischer Zeichenträger, die als Algorithmen in der pädagogischen Verständigung verwendet werden, relevant, weil Algorithmen nicht ergebnisoffen interpretieren können. Daher kann mittels Algorithmen weder der Inhalt für Lernprozesse gestaltet werden, noch können Algorithmen die Lernenden verstehen.

Eine vierte Markierung ist, dass oft ein enger Zusammenhang zwischen einer Forschungsmethode und Unterrichtsmethoden hergestellt wird (etwa bei Ruhloff (1979) oder Winter (2001)). Das ist problematisch, weil keine Forschungsmethode als die einzig richtige ausgewiesen werden kann. Daher kann auch nicht eine Unterrichtsmethode, wie etwa die programmierte Unterweisung (Corell, 1965), die offene Lernumgebung (Schulmeister, 2006) oder die pragmatische Methode (Kerres & DeWitt, 2002) als die einzig richtige ausgewiesen werden. Zudem ist zu bedenken, dass schon aus diesem Grund in die Gestaltung physikalischer Zeichenträger immer auch politische Interessen hineinspielen, was etwa aus der von Kerres und deWitt vorgeschlagenen Perspektive nicht in den Blick gerät. Daher ist ein Algorithmus als Lernraum

immer auch eingeschränkt und nur für bestimmte Zwecke geeignet, wiewohl es aber möglich ist, mehrere Methoden zu berücksichtigen. Aktuell könnte etwa ein Mixed Method Teaching ausgehend vom Mixed Method Research (Tashakkori & Teddlie, 2010) vorgeschlagen werden.

Mit diesen im Blick auf die Dialektik von Denken und Handeln vorgenommenen Markierungen wird der einzelne, freie und zukunfts offene Mensch in den Mittelpunkt gerückt. Die Vielzahl der zu intelligenten adaptiven Lernräumen vorliegenden Arbeiten erfordert nun eine Auswahl (Übersichten bei Schulmeister, 2006, 2007). Die Auswahl wurde hier in der Absicht getroffen, spezifische Probleme aus Sicht der genannten Markierungen hervorheben zu können.

## **2.1 Aufgabenbasierte Systeme**

Eine erste Gruppe von Ansätzen arbeitet wie die programmierte Unterweisung (Corell, 1965) auf der Grundlage von maschinell auswertbaren Tests. Aktuelle Ansätze verwenden Tests zur Anpassung der Aufgabenmenge, der Instruktionszeit, der Aufgabenschwierigkeit, der Systemwartezeit und für Hinweise beim explorierenden Lernen (Klauer & Leutner, 2012). Ein Beispiel für ein solches Vorgehen sind die von Brusilovsky et. al. entwickelten Algorithmen (Brusilovsky, 2001; Hsiao et al., 2010). Mit diesen Algorithmen werden Testfragen parametrisiert, generiert und Studierenden auf der Grundlage der Testergebnisse adaptive Linkanmerkungen in Form von farbigen Zielscheiben präsentiert. Das System ist für die Einführung in die Programmiersprache Java konzipiert.

Die Einführung in eine Programmiersprache ist eines der wenigen Gebiete, in denen durch die Variation von Parametern automatisch auswertbare Testfragen generiert werden können. Forschungsmethodische Problematiken kommen bei Brusilovsky nicht in den Blick, weil schon die Differenz etwa zwischen funktionalen, prozeduralen und objektorientierten Programmiersprachen nicht thematisiert wird. Unterschiedliche unterrichtsmethodische Absichten können ebenso wenig realisiert werden wie ein dynamischer Umgang mit Lernpfaden. Insofern dem Lernenden die Navigation jederzeit vollständig zur Verfügung steht, wird die Freiheit der Lernenden in dieser Hinsicht berücksichtigt. Eine Verwendung des Konzepts in einem anderen Gebiet ist aber nicht möglich.

## **2.2 Intelligente Systeme**

Eine zweite Gruppe von Ansätzen arbeitet mit Algorithmen, die auf künstlicher Intelligenz basieren. Zur künstlichen Intelligenz sei nur kurz bemerkt, dass das Wort künstliche Intelligenz einen anderen Begriff bezeichnet als der psychologi-

sche Begriff der Intelligenz, mit dem wiederum nicht das bezeichnet wird, was in der Philosophie der Begriff des Denkens meint, was wieder nicht das Gleiche ist wie das in der Erziehungswissenschaft als Verstehen oder Bildung bezeichnete. Klar ist aber, was der Begriff des Algorithmus meint (Krämer, 1988), und dass weder Denken noch Verstehen unter diesen Begriff fallen.

Intelligente tutorielle Systeme wurden durch Entwicklungen im Rahmen des Algorithmusbegriffs, konkret: den Übergang von der Batch- zur Dialogverarbeitung sowie das Aufkommen von Problemlösungstheorien, angeregt. Prototypisch ist der General Problem Solver (Newell, Shaw & Simon, 1959). Weder dieses System noch eines der daran anschließenden Intelligenzen Tutoriellen Systeme war brauchbar oder erfolgreich (Schulmeister, 2007).

Ein Beispiel dafür ist der Ansatz von Bredweg and Struss (2003). Sie zeigen an einem Überblick über das qualitative Folgern (qualitative reasoning), dass eine besondere Stärke des qualitativen Folgerns die Berücksichtigung von Kausalität ist. Dies wird als Stärke gesehen, weil es für die Modellbildung im wissenschaftlichen Denken zentral sei. Daher wird die Darstellung von Wirkungs-Ursache-Relation mit künstlichen Intelligenzalgorithmus in den Mittelpunkt gerückt und so für den Unterricht gewendet, dass Lernende das Denken in Ursache-Wirkungs-Relationen erlernen, indem sie durch das Handeln mit kybernetischen qualitativen Intelligenzalgorithmus Zusammenhänge modellieren.

Damit wird nur ein forschungsmethodischer Ansatz berücksichtigt. Die damit implizit forcierte erkenntnistheoretische Position wird nicht dargestellt. Auch ein Bezug auf eine Modelltheorie (Stachowiak, 1973) oder Abbildtheorie (Wittgenstein, 2003) findet sich nicht. Die Freiheit des Lernenden, sich selbst eine wissenschaftliche Position zu erarbeiten, wird schon deswegen übergangen. Da auch die Methodenreflexion nicht ins Spiel gebracht wird, entspricht das Vorgehen auch keinem wissenschaftlichen Denken. In den Mittelpunkt rückt das Funktionieren einer kybernetischen Steuerung, die als Algorithmus notwendig eine in sich geschlossene Welt (Krämer, 1988) und damit die Illusion einer bekannten Zukunft erzeugt.

### **2.3 Lerntypenbasierte Ansätze**

Algorithmen, die auf der Analyse von Lerntypen basieren, führen zunächst einen Lerntypen- oder Lernstiltest durch, um dann Inhalte dem Ergebnis entsprechend zu präsentieren.

Ein Beispiel für eine solche Studie ist die Arbeit von Lehmann (2010), die auf dem Lernstilinventar von Kolb (1971) basiert. Lehmann hat Inhalte für einen lernstiloptimierten Lernkreislauf (Lehmann, 2010, S. 109) aufbereitet, anschließend Personen einem Lernstiltest unterzogen und diese dann zufällig auf unter-

schiedliche Treatmentgruppen so verteilt, dass die Inhalte in einer für den gefundenen Lernstil optimierten Art und Weise präsentiert wurden.

Neben dem Umstand, dass die Studie von Lehmann wie fast alle Studien in diesem Bereich nur auf wenigen, nicht zufällig ausgewählten Fällen einer sehr engen Grundgesamtheit basiert und die Ergebnisse daher nicht verallgemeinert werden könnten, wurden auch keine relevanten Ergebnisse gefunden. Das Ergebnis ist wenig überraschend, denn das Vorgehen, die Gestaltung von Lernräumen an Lernstiltheorien zu orientieren, hat sich schon aus Sicht einer auf Maßen der zentralen Tendenz basierenden Perspektive als wirkungslos erwiesen (Jonassen, 1993; Hattie, 2013). Das ist aus didaktischer Sicht wenig überraschend, denn Lernstiltheorien übersehen, dass Lernende nicht nur Inhalte lernen, sondern auch lernen, wie die Inhalte gelernt werden (Swertz, 2007). Lernstile sind daher keine langfristig wirksamen Persönlichkeitseigenschaften, sondern Ausdruck von individuellen Interpretation eines Lernraums durch Entscheidungsimpulse setzende Akteure.

## 2.4 Adaptive Systeme

Die ersten in der Informatik entwickelten adaptiven Systeme wurden in den 1960er und 1970er Jahren entwickelt (Nwana, 1990). Ein Beispiel für ein Konzept adaptiver Systeme ist der Ansatz von Martens (2013). Martens hat mit dem Tutoring Process Model (TPM) ein formales Konzept für die Gestaltung von adaptiven tutoriellen Systemen vorgeschlagen. Das Konzept wurde in einem Prototypen realisiert, der nicht mehr verfügbar ist, nicht mehr weiter entwickelt wird und nicht in anderen Projekten verwendet wurde – ein Schicksal, dass viele solche Systeme teilen (Schulmeister, 2006). In der Konzeption ihres Ansatzes formalisiert Martens das tutorielle Modell als  $TPM = \langle C, LM, show, enable \rangle$  mit  $C = \langle Q, A, q_0, F, B, \partial, select, allow \rangle$ . Damit wird zunächst die Möglichkeit des Aufbaus adaptiver Menüsysteme erreicht und ein Lernendenmodell formal berücksichtigt. Dabei werden als Bausteine (B) allerdings nur Informationselemente und Interaktionselemente genannt. Kooperationen fehlen. Damit ist der Anwendungsbereich des Modells erheblich eingeschränkt. Ähnliche Einschränkungen gelten für weitere derzeit diskutierte Modelle (etwa Carchiolo et al., 2008).

Es wurde deutlich, dass die eingangs bezeichneten Markierungen in den diskutierten Ansätzen kaum berücksichtigt worden sind. Die Algorithmen, die implementiert wurden, bleiben auf Einzelfälle und wenige Inhalte (Mathematikunterricht, Programmierunterricht, Sprachunterricht) beschränkt. In allen Fällen werden dabei nur formalisierte und weitgehend standardisierte Teilgebiete, die fast immer im Anfangsbereich angesiedelt sind, herangezogen. Viele aktuelle Algorithmen bleiben noch hinter den bisher diskutierten Ansätzen zurück und

realisieren lediglich einfache Varianten der programmierten Unterweisung. Es wurden also in Einzelfällen sinnvolle fachdidaktische Anwendungen geschaffen. Es liegt aber kein Ansatz vor, der unter Berücksichtigung mediendidaktischer Überlegungen als Spielraum für die Verständigung zwischen Lehrenden und Lernenden konzipiert wurde.

### **3 Die mediendidaktische Gestaltung eines Spielraums für Entscheidungsimpulse setzende Akteure**

Die mediendidaktische Gestaltung eines algorithmischen Spielraums kann nun, so die These, die eingangs genannten Markierungen berücksichtigen. Die im Folgenden vorgenommene Positionierung geht vom Menschen als mit einem freien Willen ausgestatteten und in einer Kooperation erfordernden Gemeinschaft lebenden Entscheidungsimpulse setzenden Akteur aus. Freiheit und Zukunftsoffenheit werden als wesentlich angesehen. Diese Positionierung wird hier mit der Absicht einer praktischen Anwendbarkeit der Adaption von Lernpfaden und Rückmeldungen verbunden. Mediendidaktisch geht es darum, die Position in einen anwendbaren Algorithmus umzusetzen und damit den physikalischen Zeichenträger in pädagogischer Absicht zu gestalten. Dabei werden zwei Kontextbedingungen berücksichtigt:

(1) Um mit begrenzten Mitteln eine breite praktische Anwendbarkeit zu erreichen, ist es nicht sinnvoll, ein neues Lernmanagementsystem (LMS) zu entwickeln. So zeigen die Erfahrungen mit Coppercore (<http://coppercore.sourceforge.net/>), dass die Akzeptanz für solche Systeme gering ist. Daher ist es im Blick auf die praktische Verwendung und unter Berücksichtigung des Umstandes, dass didaktische Entscheidungen notwendigerweise auch heuristisch getroffen werden, sinnvoll, ein System als Erweiterung für bestehende und breit genutzte LMS zu entwickeln.

Die Effekte einer solchen Erweiterung zeigt ein Beispiel: Wir transformieren derzeit aus vor allem administrativen Gründen eine Vorlesung in ein Fernlernangebot. Das geplante Angebot erfordert ca. 1.000 Bildschirmseiten. Ein Kurs in dieser Länge ist mit dem LMS Moodle kaum sinnvoll zu verwenden. Erst eine Erweiterung des LMS mit dem im Folgenden beschriebenen adaptiven tutoriellen Algorithmus macht die Navigation im Kurs so übersichtlich, dass sie benutzbar erscheint.

Nun gibt es bisher kaum praktische Erfahrungen mit Algorithmen wie dem hier intendierten. Es ist daher erforderlich, die Gestaltung so vorzunehmen, dass möglichst viele Elemente nachträglich adaptiert werden können. Dafür ist ein metadatenbasiertes System sinnvoll, dass über die Veränderung der Metadaten adaptiert werden kann. Nötig ist also ein adaptierbares adaptives System.

Da Algorithmen zwischen Eingaben und Ausgaben operieren, sind vor allem die Ein- und Ausgaben zu bestimmen. Drei Typen von Eingaben sind möglich:

1. Beobachtungsdaten zum Lehr- und Lernverhalten
2. Die von Lehrenden eingegebenen Daten
3. Die von Lernenden eingegebenen Daten

(1) Die Beobachtungsdaten sind nur sehr aufwändig zu interpretieren. Zwar ist es im Blick auf die Freiheit der Lernenden und die daher erforderliche Transparenz erforderlich, den Lernenden die Daten zugänglich zu machen. Im Lernprozess ist es aber nicht handhabbar, dass die Lernenden alle Daten selbst auswerten. Das macht eine vorbereitete Auswertung erforderlich. Wenn diese Auswertung vor allem die Interessen der Lehrenden berücksichtigt, wird die Freiheit der Lernenden übergangen. Daher sollte die Auswertung auch die Interessen der Lernenden berücksichtigen. Beides ist allerdings problematisch, da die Interessen vor dem Lernprozess nicht bekannt sind, die Algorithmen aber vorher formuliert werden müssen und daher in dieser Hinsicht die Interessen der Mediendidaktikerinnen und Mediendidaktiker zum Ausdruck bringen und insofern die Interessen der Lehrenden und der Lernenden übergehen. Die Reichweite der Auswertungen muss daher gering gehalten werden. Der Beobachtungsdaten sind nun eine Rückmeldung zum Lernverhalten. Rückmeldungen sind wirksame Elemente in didaktischen Prozessen (Hattie, 2013), können sich im konkreten Fall aber nicht auf Inhalte beziehen, sondern nur auf das beobachtete Lernverhalten. Welche Rückmeldungen in diesem Fall sinnvoll und wirksam sind, ist nicht bekannt. Daher muss es hier zunächst darum gehen, einen Algorithmus zu entwickeln, mit dem solche Rückmeldungen erzeugt werden können, um überhaupt handeln zu können.

Um einen solchen Algorithmus entwickeln zu können, ist derzeit die Verwendung einer semantischen Beschreibungssprache eine sinnvolle Lösung. Naheliegend ist die Verwendung der Web Ontology Language (OWL), da umfangreiche als Open Source verfügbare Softwarekomponenten vorliegen.

Die Softwarearchitektur des Algorithmus wurde nun so gestaltet, dass eine Learner State Ontology (LSO), in der Beobachtungsdaten gespeichert werden, durch die Definition von didaktischen Faktoren (DF) ausgewertet wird, mit denen Rückmeldungen zum Lernverhalten mittels einer Reasoning Engine ausgewählt werden können. Ein einfaches Beispiel ist die Beobachtung, dass der letzte Zugriff längere Zeit (> 14 Tage) zurückliegt. In diesem Fall wird der entsprechende DF gesetzt und löst die Rückmeldung aus, dass es sinnvoll sein kann, das letzte bearbeitete Thema zu wiederholen. Wesentlich ist, dass das Thema nicht einfach wiederholt wird, sondern nur der Hinweis erfolgt, so dass Lernende die Rückmeldung selbst interpretieren können. Ein anderes Beispiel ist, dass anhand von Geschlecht und Alter die bisher am häufigsten gewählten Lernpfade anderer ähnlicher Lernender identifiziert und mitgeteilt werden können („In diesem Kurs werden folgende didaktische Modelle angeboten:



(A) Frontalunterricht, (B) Forschungsorientierter Unterricht, (C) Programmierte Unterweisung. Andere Lernende mit ähnlichem Alter und gleichem Geschlecht haben am häufigsten „Programmierte Unterweisung“ gewählt. Welches Modell möchten Sie verwenden?“).

Da bisher nicht bekannt ist, welche Rückmeldungen sinnvoll sind und also keine Grundlage für die Fixierung von Variablen vorhanden ist, besteht hier weiterer Forschungsbedarf und die Notwendigkeit der Anpassung des Systems an praktische Erfahrungen. Um eine nachträgliche Anpassung der didaktischen Faktoren und Rückmeldungen zum Lernverhalten zu ermöglichen, werden diese Elemente nicht als Software, sondern mittels OWL semantisch formuliert. Lediglich die DFs werden um einen Softwareanteil ergänzt, mit dem nicht semantisch vorliegende Daten aufbereitet werden.

(2) Neben den Daten der Lernenden können auch Eingaben der Lehrenden berücksichtigt werden. Die Lehrenden können dazu semantische Metadaten eingeben, in denen die für eine kybernetische Steuerung auswertbare didaktische Bedeutung von Inhalten ausgedrückt wird. Dazu können Sie entweder auf das vorhandene Vokabular zurückgreifen oder das Vokabular erweitern. Vorgegeben ist lediglich, dass mindestens eine Artikulation angegeben werden muss. Wie diese Artikulation aussieht und welche Elemente dabei verwendet werden, ist nicht festgelegt. Daher können beliebige didaktische Modelle realisiert werden.

In der Softwarearchitektur wurden dafür drei Ontologien vorgesehen: Die pädagogische Ontologie (PO) enthält im Kern lediglich die Vorgabe, dass die Inhalte in Lernpfaden verbunden werden müssen. Darüber hinaus ist das Vokabular der Webdidaktik (Meder, 2006) als exemplarisches Vokabular enthalten, das bei Bedarf von den Lehrenden ergänzt werden kann, so dass die Freiheit der Lehrenden gewahrt bleibt. Auf der zweiten Ebene wird eine Cognitive Map (CM) verwendet. In der CM benennen Lehrende die Themen (Concept Container (CC)), die in ihrem Kurs (Knowledge Domain (KD)) vorkommen und formulieren mit Hilfe von Relationen mögliche Reihenfolgen, in denen die Themen bearbeitet werden können.

Auf der dritten Ebene werden die Wissensobjekte (Knowledge Object (KO)) mit Wissensart und Medientyp typisiert und mit Hilfe von Relationen mögliche Reihenfolgen angegeben, in denen die Wissensobjekte bearbeitet werden können.

Die von Lehrenden angegebenen Reihenfolgen können nun den Lernenden als Empfehlungen angeboten werden.

(3) Dabei ist es im Blick auf die Freiheit der Lernenden wesentlich, die Reihenfolge nicht fest vorzuschreiben, sondern es den Lernenden zu ermöglichen, von den geplanten Bearbeitungsreihenfolgen jederzeit auch abzuweichen, das didaktische Modell während des Lernprozesses zu wechseln oder

selbst eines zu erzeugen. Die Anforderung der Berücksichtigung abweichenden Verhaltens führt zu erheblichen Anforderungen an die Algorithmen. Um abweichendes Verhalten berücksichtigen zu können, werden die didaktischen Daten aus der PO, dem CM und dem CCM mit den Daten aus der LSO mittels eines Reasoners miteinander verbunden. Die Verbindung, bei der es sich um eine logische Schlussfolgerung handelt, wird durch die semantische Beschreibung gesteuert und kann also angepasst werden.

Ein Beispiel für eine solche Schlussfolgerung ist eine Lernende, die während der Bearbeitung eines Kurses das didaktische Modell gewechselt hat und nun auf Inhalte trifft, die sie bereits bearbeitet hat. An dieser Stelle könnte es sinnvoll sein, die Lernende zu fragen, ob sie die Inhalte erneut bearbeiten oder überspringen möchte. Wesentlich ist dabei, die Entscheidung nicht für die Lernende zu treffen, sondern der Lernenden die Entscheidung über ihr Lernen zu überlassen.

Damit kann vermieden werden, dass die verwendeten Daten zur Kontrolle und Überwachung verwendet werden. Das wäre der Fall, wenn die Daten nur den Lehrenden zur Verfügung stehen oder automatisierte, in der Software implementierte Entscheidungen ohne Zustimmung der Lernenden getroffen werden, die wegen der Aussichtslosigkeit von Widerstand lediglich Anpassung ermöglicht, aber nicht das Spiel im didaktischen Raum (Swertz et al., 2013).

Die semantische Modellierung der didaktischen Daten und die Analyse mit Hilfe eines Reasoners wird dabei dazu verwendet, komplexe Untersuchungen in eine einfach Aussage umzuwandeln, deren semantische Bedeutung im Rahmen einer konkreten Lernsituation fassbar zu machen und damit für die Lehrenden und für die Lernenden die Handlungsräume zu erweitern.

## **4 Conclusio**

Es wurde deutlich, dass bisherige adaptive Lernumgebungen und intelligente Systeme didaktischen Anforderungen kaum gerecht werden. Anhand des Designs eines adaptiven intelligenten Systems wurde gezeigt, dass es möglich ist, ein System unter mediendidaktischen Gesichtspunkten so zu gestalten, dass pädagogischen Forderungen entsprochen wird. Mit einem solchen System kann der mediendidaktisch gestaltete Raum, in dem sich Lehrende und Lernende miteinander über Inhalte verständigen, erweitert werden.

Der dadurch entstehende Spielraum stellt die Freiheit und Zukunftsoffenheit der Lehrenden und der Lernenden in den Mittelpunkt. So ist schon durch den Umstand, dass der Algorithmus als Erweiterung für bestehende LMS realisiert wird, jederzeit die Möglichkeit vorhanden, den Algorithmus nicht zu verwenden. Wenn der Algorithmus verwendet ist, bestehen für Lehrende mehr Möglichkeiten, ihre didaktischen Absichten auszudrücken. Damit werden die

Spielräume der bestehenden LMS und damit die vorhandenen Freiheitsgrade erweitert. Für die Lernenden wird die Variation von geplanten Sequenzen und damit abweichendes Verhalten begünstigt. Insofern die in abweichendem Verhalten ausgedrückte Herausforderung von Lehrenden durch Lernende Ausdruck der zukunfts-offenen Freiheit eines Entscheidungsimpulse setzenden Akteurs ist, ist es gut, derartig abweichendes Verhalten zu berücksichtigen.

## Literatur

- Brusilovsky, P. (2001). Adaptive hypermedia. *User Modeling and User Adapted Interaction* 11, 87–110.
- Carchiolo, V., Alessandro L., Giuseppe M. & Vincenzo N. (2008). Adaptive E-Learning: An Architecture Based on PROSA P2P Network. *New Frontiers in Applied Artificial Intelligence*, 777–786.
- Comenius, J. A. (2008). *Große Didaktik: Die vollständige Kunst, alle Menschen alles zu lehren*. 10. Aufl., Herausgegeben und übersetzt von Andreas Flitner. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Corell, W. (Hrsg.) (1965). *Programmiertes Lernen und Lernmaschinen*. Braunschweig: Westermann.
- Dewey, J. (2000). *Demokratie und Erziehung. Eine Einleitung in die philosophische Pädagogik*. Weinheim: Beltz.
- Giesinger, J. (2011). Bildsamkeit und Bestimmung. Kritische Anmerkungen zur Allgemeinen Pädagogik Dietrich Benners. *Zeitschrift für Pädagogik* (57) 6, 894–910.
- Hönigswald, R. (1927). *Über die Grundlagen der Pädagogik*. 2. umgearb. Auflage. München: E. Reinhardt.
- Hsiao, I.-H., Sosnovsky, S. & Brusilovsky, P. (2010). Guiding students to the right questions: adaptive navigation support in an E-Learning system for Java programming. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26 (4), 270–283.
- Jonassen, D.H. & Grabowski, B. L. (1993): *Handbook of Individual Differences, Learning and Instruction*. New York/London: Routledge.
- Kerre, M. & deWitt, C. (2002). Quo vadis Mediendidaktik? Zur theoretischen Fundierung von Mediendidaktik. *MedienPädagogik* [[http://www.medienpaed.com/Documents/medienpaed/6/kerres\\_dewitt0211.pdf](http://www.medienpaed.com/Documents/medienpaed/6/kerres_dewitt0211.pdf)] (16.5.2014)].
- Klafki, W. (1994). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. 4. Aufl. Weinheim/Basel: Beltz.
- Klauer, J. & Leutner, D. (2012). *Lehren und Lernen. Einführung in die Instruktionspsychologie*. 2. überarb. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz.
- Kolb, D. A. (1971). *Individual learning styles and the learning process*. Working Paper #535-71. Boston: Massachusetts Institute of Technology.
- Krämer, S. (1988). *Symbolische Maschinen. Die Idee der Formalisierung in geschichtlichem Abriss*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Lehmann, R. (2010). *Lernstile als Grundlage adaptiver Lernsysteme in der Software-schulung*. Münster: Waxmann.
- Martens, A. (2008). Adaption formal. *Zeitschrift für e-learning*, 3 (Adaptivität in hypermedialen Lernsystemen).

- Meder, M. (Hrsg.) (2006). *Web-Didaktik. Eine neue Didaktik webbasierten, vernetzten Lernens*. Bielefeld: Wilhelm Bertelsmann Verlag.
- Meder, N. (1997). Die Abbildung von Sachverhalten in die Zeit. Reflexion auf die philosophische Grundlegung der Pädagogik und die pädagogische Grundlegung der Erkenntnistheorie. in: R. Schmied-Kowarzik (Hrsg.), *Erkennen – Monas – Sprache*. Würzburg: Ergon.
- Newell, A., Shaw, J. C. & Simon, H. A. (1959). Report on a general problem solving program. In: *Proceedings of the International Conference on Information Processing* (S. 256–264).
- Nohl, A. M. (2011). *Pädagogik der Dinge*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Nwana, H. S. (1990). Intelligent Tutoring Systems: an overview. *Artificial Intelligence Review* 4, 251–277.
- Parmentier, M. (2001). Der Bildungswert der Dinge. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (4) 1, 39–50.
- Ruhloff, J. (1979). *Das ungelöste Normproblem der Pädagogik. Eine Einführung*. Heidelberg: Verlag Quelle & Meyer.
- Schleiermacher, F. (1957). *Pädagogische Schriften*. Unter Mitwirkung von Theodor Schulze herausgegeben von Erich Weniger. Düsseldorf: Schwann.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien, New York: Springer.
- Schulmeister, R. (2007). *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie – Didaktik – Design*. 4. überarb. Aufl., Bonn u.a.: Addison-Wesley.
- Schulmeister, R. (2006). *eLearning: Einsichten und Aussichten*. München: Oldenbourg.
- Schulmeister, R. (2005). Plädoyer für offene Lernumgebungen. In: B. Bachmair, P. Diepold & C. de Witt, *Jahrbuch Medienpädagogik*, 43–53.
- Swertz, C. (2000). Computer und Bildung. Eine medienanalytische Untersuchung der Computertechnologie in bildungstheoretischer Perspektive. Universität Bielefeld: Bielefeld.
- Swertz, C. (2004). Medienbildung. Skeptische Anmerkungen zum Beitrag der Cultural Studies. *Spektrum Freizeit* 2, 49–56.
- Swertz, C., Schmölz, A., Forstner, A., Heberle, F., Henning, P., Streicher, A., Bargel, B., Bela, A. & Bock, J. (2013). A Pedagogical Ontology as a Playground in Adaptive Elearning Environments. In: M. Horbach, (Hrsg.), *INFORMATIK 2013 – Informatik angepasst an Mensch, Organisation und Umwelt* (Lecture Notes in Informatics Bd. 220, S. 1955–1960). Bonn: Köllen Verlag.
- Tashakkori, A. & Teddlie, C. (2010). *Handbook of Mixed Methods in Social and Behavioral Research*. 2nd Edition. London et. al.: Sage.
- Winter, R. (2001). *Die Kunst des Eigensinns. Cultural Studies als Kritik der Macht*. Weilerswist: Velbrück.
- Wittgenstein, L. (2003). *Tractatus logico-philosophicus, Logisch-philosophische Abhandlung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

This work is licenced under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Austria License. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/at/> or send a letter to Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.