
Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik

Univ.-Prof. Dr. Klaus Beck · Univ.-Prof. Dr. Klaus Breuer
Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften

○ Reihe: Arbeitspapiere WP ○

17

Stefanie Hillen/ Kai Berendes/ Klaus Breuer

Systemdynamische Modellbildung als Werkzeug zur Visualisierung, Modellierung und Diagnose von Wissensstrukturen

Herausgeber:

Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik
Univ.-Prof. Dr. Klaus Beck
Univ.-Prof. Dr. Klaus Breuer
Fachbereich 03: Rechts- und Wirtschaftswissenschaften
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Welderweg 9
D-55099 Mainz
Telefon: +49 6131 392-2009; Telefax: +49 6131 392-2095
email: beck@mail.uni-mainz.de

Hillen, S. / Berendes, K. / Breuer, K. (1998). *Systemdynamische Modellbildung als Werkzeug zur Visualisierung, Modellierung und Diagnose von Wissensstrukturen.*

Erscheint 1999 in: Mandl, H./ Fischer, F. (Hrsg.): Wissen sichtbar machen. Begriffsnetze als Werkzeuge für das Wissensmanagement in Lehr- und Lernprozessen.

© Copyright

Alle Arbeitspapiere der Reihe „Arbeitspapiere WP“ sind einschließlich Graphiken und Tabellen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Microverfilmungen und Einspeicherung auf elektronische Datenträger.

STEFANIE HILLEN/ KAI BERENDES/ KLAUS BREUER

**Systemdynamische Modellbildung als Werkzeug zur
Visualisierung, Modellierung und Diagnose von
Wissensstrukturen¹**

¹ Dieser Beitrag geht aus dem Projekt ‚Die Entwicklung und Elaboration von mentalen Modellen zu komplexen Zusammenhängen in der kaufmännischen Erstausbildung mit Hilfe computergestützter Modellbildung und Simulation‘ im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms ‚Lehr- und Lernprozesse in der kaufmännischen Erstausbildung‘ hervor; Projektnummer: DFG Br 1045/5-1

Zusammenfassung

Techniken zur Darstellung von Wissensstrukturen, sogenannte 'mapping'-Verfahren, haben mehr als die Visualisierung von Wissensbeständen, über die Lernende verfügen, zum Ziel. Mit den Struktur-lege-Verfahren, im Sinne von 'mapping tools', geht man davon aus, daß im Vorgang des 'Legens' der Strukturen auch Wissen selbst 'konstruiert' wird.

Beim Arbeiten mit computergestützten Modellbildungssystemen bauen Lernende zunächst gedankliche Modelle, Mentale Modelle auf. Dazu können verbale Modelle entwickelt und anschließend in der Notation eines Modellbildungssystems ausdifferenziert werden. Auf Grundlage einer solchen Abbildung läßt sich die Dynamik des Systems, sein Verhalten über Zeit simulieren. Im Artikulationsprozeß zwischen Wortmodellen (verbale Form) und Systemdynamischen Modellen (formale Form) werden Interne Mentale Modelle fortgeschrieben. Wir vermuten, daß über die aktive Modellbildung und Simulation von komplexen ökonomischen Sachverhalten eine tiefere Verarbeitung von Wissen sowie die Fähigkeit zur Lenkung solcher komplexer Systeme erzielt werden kann.

1 Komplexität und adäquates Handeln

Die Auseinandersetzung mit dem Phänomen Komplexität, als einem bedeutsamen Merkmal unserer Lebenswelt, gewinnt an Bedeutung. Aus der wirtschaftspädagogischen Perspektive sind Ansätze gesucht, welche es ermöglichen, die anwachsende Komplexität in ökonomischen Handlungszusammenhängen zu bewältigen und so ein adäquates ökonomisches Handeln zu befördern (Diepold 1991; Achtenhagen u.a.1992). Dabei muß die innere Logik der Systeme an die Oberfläche gebracht, also sichtbar gemacht werden, da die Kenntnis der Regeln bzw. des Ordnungsmusters eines Systems Voraussetzung für ein zielgerichtetes Handeln in vielen ökonomischen Handlungssituationen ist. Die systemdynamische Modellbildung stellt ein mögliches Instrumentarium für den Zugang zu komplexen Wirklichkeitsbereichen dar.

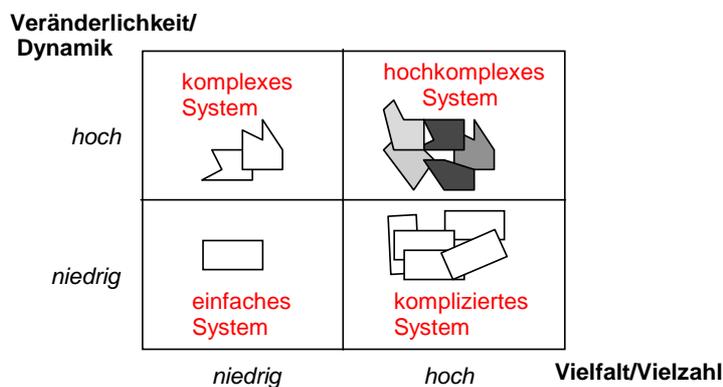


Abb.1: Dimensionen der Komplexität (In Anlehnung an Ulrich, H. /Probst, G. J. B. 1995, S. 61)

Der ursprünglich aus den Ingenieurwissenschaften stammenden Ansatz 'System Dynamics' von Forrester (1961) ermöglicht es heute, komplexe Problembereiche über ein quasi graphisch-analoges Notationssystem auf die wesentlichen Elemente und deren systemischen Beziehungen zu reduzieren, ohne dabei deren Verhalten über Zeit, ihre Dynamik, im Kern zu verfälschen. Diese Dynamik stellt neben der Kompliziertheit (Vielfalt) die zweite, häufig vernachlässigte Dimension von Komplexität dar (vgl. Abb. 1). Sie resultiert vor allem aus Rückkopplungsbeziehungen und aus Zeitverzögerungen bei Informations- und Materialflüssen, die über traditionelle Ansätze nur schwer und wenig transparent erfaßt werden können.

2 Wissensstrukturen

2.1 Zur Konstruktion und Abbildung von Wissensstrukturen

Zunächst verfolgt man mit der Abbildung von Wissensstrukturen die Zielvorstellung, Wissen sichtbar und damit mitteilbar und überprüfbar zu machen.

Analytisch sind Vorgehensweisen der Repräsentation, d.h. der Abbildung von strukturellem Wissen und dessen Diagnose von Vorgehensweisen zum Aufbau und Elaboration von Wissensstrukturen zu unterscheiden (Jonassen et al. 1993). Diese Vorgänge interagieren jedoch miteinander.

Einen Ansatz stellen Methoden der graphischen Darstellung von Wissensstrukturen dar, die als Pfad- oder Netzdarstellungen meist assoziativer Wissensverbindungen, als ‘concept-maps’, ‘semantic-maps’, ‘mind-mapping’ usw. angesprochen werden (Jüngst; Strittmatter 1995).

Die Abbildung der Entwicklung von Wissensstrukturen über die Zeit ermöglicht es, Aussagen über Lernfortschritte treffen zu können. Es können u.a. Aussagen zum Grad der Reichhaltigkeit und der Vernetztheit getroffen werden. Aus einer solchen diagnostischen Perspektive können von Lernenden (als Novizen) erstellten ‘maps’ auch mit der Zielstrukturierung von Lehrenden (Experten) verglichen werden (Jüngst; Strittmatter 1995, S.202).

Andere graphische Verfahren sind die Struktur-lege-Verfahren (Dann 1992). Sie ermöglichen es, mit Hilfe von Schaubildern, subjektive Theorien abzubilden. Diese Schaubilder oder Strukturabbildungen bestehen zum einen aus inhaltlichen Konzepten und zum anderen aus formalen Relationen, mit denen die Konzepte verknüpft sind. Alle Konzepte und Relationen werden auf ‘Karten’ geschrieben, die sich auf einer Unterlage ordnen, umorganisieren und befestigen lassen. Bei der Erstellung der Struktur geht es *nicht nur um die Vergegenwärtigung eines bereits vorhandenen Wissens. Im Prozeß der ‘Re-Konstruktion’ wird dieses Wissen - angeregt und gefördert durch die Dialog-Situation - zumindest teilweise auch erst geschaffen bzw. ‘konstruiert’. Der Aktivität des Struktur-Legens selbst wohnt eine Dynamik zur Präzisierung und Weiterentwicklung des vorhandenen Wissens inne.*¹

Beide Ansätze implizieren, daß der Abbildungsprozeß und die damit verbundene Auseinandersetzung mit den abgebildeten Sachverhalten selbst schon einen Lernprozeß darstellt. Wenn bereits die statische, graphische Darstellung von Wissensstrukturen durch

¹ Während des Rekonstruktionsvorgangs kann die Struktur jederzeit verändert werden. Dies wird durch die Notierung aller Konzepte und Relationen auf Kärtchen erleichtert, die sich während des Dialoges beliebig umordnen lassen. Dadurch sind Korrekturen, Erweiterungen, Differenzierungen und Reduktionen bis zur abschließenden Fertigstellung möglich. Dies ist auch rechnergestützt möglich.

Pfad- oder Netzdarstellungen dem Lernprozeß förderlich ist², dann kann dies analog auch für die systemdynamische Darstellung von Mentalen Modellen³ sensu Johnson-Laird (1983,1988) zu komplexen ökonomischen Sachverhalten vermutet werden. Die zentrale Annahme unseres Ansatzes besteht darin, daß die systemdynamische Modellbildung ein Werkzeug sein kann zur Repräsentation, zur Elaboration (Reder 1979) und zur Validierung von Wissensstrukturen.

2.2 Das Konstrukt Mentale Modelle

Das Konstrukt Mentale Modelle bietet kein einheitliches Bild. Ein Diskussionsfaden zielt auf die Repräsentationsformate. Hier gibt es Ansätze wie propositionale, regelbasierte und analoge Repräsentationen.

Eine anderer fragt nach dem Inhalt eines Mentalen Modells. Hierbei geht es um das „Ablauflassen“ von Vorgängen „vor dem geistigen Auge“, dem sogenannten Probehandeln.⁴ In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach einer handlungsleitenden Funktion von Mentalen Modellen.

In der Literatur finden sich Ansätze (de Kleer; Brown1983; Holland et al.1986), die von einer internen qualitativen Simulation ausgehen. Sie betrachten komplexe technische Systeme. Dabei wird unterstellt, daß erst bei einem vollständig elaborierten Modell die angemessene Steuerung eines komplexen technischen Systems möglich wird. Dies widerspricht jedoch empirischen Befunden (Kluwe; Haider 1990, Fürstenau 1994).

Eine andere Perspektive bezieht Hasebrook (1995, S. 129ff), der Mentale Modelle als Mentale Ablaufmodelle diskutiert. Er betrachtet diese als *Dynamische Mentale Modelle*. In seiner Argumentation kommt er zu dem Ergebnis, daß Mentale Modelle als eigene, integrierte Wissensdarstellungen vorstellbar sind, die bei Bedarf um propositionale und analoge Informationsanteile ergänzt werden können. Diese Argumentation ist ähnlich der von Johnson-

² Vermutet wird, daß die Visualisierung das Verständnis für Systemstrukturen erleichtert. Für die graphische Darstellung von Begriffen besteht aus kognitionspsychologischer Sicht darüber Einigkeit, daß deklaratives Wissen damit strukturangemessen repräsentiert werden kann (vgl. Hippchen 1995, S. 251). In einer Studie kommt Jüngst (1995, S. 237) zu dem Ergebnis, daß zumindest kurzfristig das Behalten von Begriffsstrukturen durch den Einsatz von graphischen Begriffsabbildungen, z.B. 'concept-map', besser gefördert wird als durch eine analoge Textdarstellung.

³Mentale Modelle können als interne Repräsentation eines Individuums verstanden werden, aber auch für die Rekonstruktion individueller Vorstellungen über einen bestimmten Gegenstandsbereich.

⁴ „Zu komplexen Inhalten - sie sind bei multimedialen Angeboten die Regel - wird die Wissensstruktur kognitionspsychologisch als Mentales Modell konzipiert (Johnson-Laird 1983). Mentale Modelle sind Mischformen von bildhaften und propositionalen Repräsentationen. Der Vorzug dieser Repräsentationen von Realitätsausschnitten liegt darin, daß verschiedene Veränderungszustände vor dem „inneren Auge“ simuliert werden können. Wer z.B. zur Funktion eines Gerätes ein adäquates Mentales Modell aufgebaut hat, kann bei Störung die möglichen Folgen eines bestimmten Reparaturversuches mental antizipieren. Je mehr dabei dieses Resultat durch explizites schlußfolgerndes Denken erfolgt (ein Indiz wäre z.B., wenn beim Nachdenken halblaut gesprochen wird), desto eher sind die propositionalen Repräsentationselemente des Mentalen Modells zur Geltung gekommen. Meistens werden die dynamischen Zustandsveränderungen und deren Resultate jedoch quasi bildhaft in der Vorstellung „abgelesen“, hierbei manifestiert sich die Bedeutung imaginaler Vorstellungen für Mentale Modelle“ (Weidenmann 1995, S. 65-84).

Laird.⁵ Ob hierbei nach der Elaboration des Gegenstandes die Textbasis, die propositionale Repräsentation, ganz vergessen wird oder zumindest über einen gewissen Zeitraum erhalten bleibt, erscheint für unseren Zusammenhang nicht von primärem Stellenwert. In einer Replikationsstudie von Dutke (1993) zu Johnson-Laird (1988, S. 348) wird ausgesagt, daß nach der Elaboration eines Textes die propositionale Repräsentation *nicht* völlig hinter das Mentale Modell zurücktritt.

Wichtig erscheint uns die angenommene Funktionalität von Mentalen Modellen. Johnson-Laird (1988, S. 348) beschreibt den Wechsel zwischen den Repräsentationsformen wie folgt: Ein Mentales Modell repräsentiert einen bestimmten Zustand der Dinge, der sich in einem Satz ausdrückt. Das Modell kann jedoch als Folge von nachfolgenden Informationen überarbeitet werden, es hat die *Funktion* eines repräsentativen Beispiels, eines Sets von allen möglichen Modellen des Satzes. Die ursprüngliche linguistische Repräsentation des Satzes verliert seine Bedeutung. So wie Johnson-Laird betont auch Norman (1983, S.7), daß Mentale Modelle *funktional* sein müssen, bzw. daß dies ihr wesentliches Kennzeichen ist.

Issing (1995) definiert ein 'Mentales Modell' als mentale Repräsentation eines Gegenstandes durch ein hypothetisches internes (quasi) Objekt, das in einer *Struktur- oder Funktionsanalogie* zu dem repräsentierten Gegenstand steht.

2.3 Merkmale Mentaler Modelle

Mentale Modelle haben handlungsleitende Funktion (Fürstenau 1994, S. 43). Sie dienen dem Verstehen eines Bezugssystems oder eines realen Phänomens. Mentale Modelle erlauben die Erklärung des Zustandekommens von Systemzuständen und sie ermöglichen es, Systemtendenzen und die Auswirkungen von Systemeingriffen zu antizipieren.

Weitere Kennzeichen Mentaler Modelle sind⁶:

- Mentale Modelle sind unvollständig.

Nicht alle wesentlichen Elemente eines Gegenstandsbereichs werden berücksichtigt.

- Mentale Modelle sind stabil.

Trotz besseren Wissens werden fehlerhafte oder unvollständige Mentale Modelle beibehalten.

⁵ Johnson-Laird greift verschiedene auch konträre Theorien über die Repräsentation von Wissen auf, welche auch als mentale Repräsentationen (vgl. Engelkamp/Pechmann 1993) bezeichnet werden und versucht sie zu einem Konzept zu verbinden. Er unterscheidet in diesem Konzept drei grundsätzliche Arten von Wissensrepräsentationen (Formaten): die der Mentalen Modelle, der propositionalen Repräsentationen und der 'Images', wobei das Format eines Mentalen Modells nicht geklärt ist. Er geht davon aus, daß propositionale Repräsentationen auf Mentale Modelle zurückgeführt werden können (1983, S. 156).

⁶ In Anlehnung an Norman (1983, S. 8).

- Mentale Modelle sind sparsam.
Der mentale planende Umgang mit Komplexität wird häufig durch physische Operationen ersetzt.
- Mentale Modelle sind unwissenschaftlich.
Personen erhalten Verhaltens- und Erklärungsmuster aufrecht, auch nachdem bekannt wird, daß diese nicht angemessen sind.

Mandl und Spada (1988 S. 147) haben das in dem folgenden Beispiel verdeutlicht:

Mentale Modelle von Novizen sind aus wissenschaftlicher Sicht oft fehlerhaft oder falsch, aus der Alltagsperspektive jedoch durchaus sinnvoll. So berichtet Kempton (1986, S. 87) von einer in den USA durchgeführten Untersuchung, in der sich zeigte, daß nahezu 50% der Befragten nicht wußte, wie eine thermostatgeregelte Heizung technisch funktioniert. Viele Personen glaubten, daß es dasselbe sei, den Thermostat auf eine höhere Temperatur einzustellen, wie ein Ventil aufzudrehen. Das besondere dieser Modelle aber ist, daß die objektiv falsche Alltagstheorie unter den Bedingungen des Alltags ihren Benutzern „genausoviel nützliche Vorhersagen erlaubt, wie die (korrekte) Rückkopplungstheorie“. Dies erklärt die Stabilität naiver mentaler Modelle.

Ungeachtet solcher Defizite sind Individuen in der Lage, komplexe technische Systeme zu steuern. Diese Feststellung wird u.a. durch die empirischen Arbeiten von Leutner (1992) gestützt. Er bezeichnet diese Fähigkeit als Handlungskompetenz. Als Indikatoren dienen die Ausprägungen der Zustände des zu steuernden Systems über einen Zeithorizont hinweg (vgl. auch Putz-Osterloh 1993; Breuer 1983; Dörner; Reither 1978).

Demnach kann der Wissenserwerb als Aufbau und Verfeinerung Mentaler Modelle verstanden werden. Ausdifferenzierungen und Änderungen können auf die Manipulation der gedanklich konstruierten Modellwelt zurückgeführt werden. Diese muß nicht formal-logischen Regeln folgen.

Mentale Modelle entstehen durch die Integration von spezifischen Informationen aus der Umwelt und Vorwissenskomponenten des Menschen (vgl. Abb.2). Daraus resultiert eine (im Idealfall) kohärente, ganzheitliche Wissenskonfiguration, die Inferenzen, Verstehensprozesse, Entscheidungsfindung, die mentale Simulation von Ereignissen, Handlungsvollzüge und von Systemveränderungen einschließt (van der Meer1996).

Mentale Modelle bilden demnach eine Grundlage der Informationsverarbeitung in Problemlöse- und Entscheidungsprozessen.

Es gibt Positionen (Mc Koon; Ratcliff 1992), die das Konzept der Mentalen Modelle ablehnen und die damit verbundenen Annahmen als zu weitreichend ansehen. Solch ein minimalistischer Ansatz (Hasebrook 1995, S.138) unterstellt, daß Informationseinheiten lediglich durch einfache Auswahl und Regeln miteinander verknüpft werden.

Weiterführende Untersuchungen (O'Brien; Albrecht 1993) führen zu der Schlußfolgerung, daß mentale Modelle nachträglich geändert und darüber scheinbar vergessene Informationen aktiviert werden können. Dies ist mit einem minimalistischen Ansatz nicht zu erklären.

Forschungsergebnisse zu Mentalen Modellen belegen, daß menschliche Informationsverarbeitung nicht in einem bloßen Aneinanderreihen abgrenzbarer Informationseinheiten besteht, sondern daß sich menschliches Denken und Schlußfolgern oftmals in ganzheitlichen Modellen vollzieht, deren Struktur den Gegebenheiten in der externen Welt ähnelt (Lüer et al. 1996).

3. Mentale Modelle und kognitive Werkzeuge

3.1 Kognitive Werkzeuge

Nach Jonasson ist ein 'cognitive tool' ein Werkzeug, das den Lernenden herausfordert, sich stärker mit dem Lerngegenstand auseinanderzusetzen und dadurch Gedanken oder Denkweisen hervorzurufen, die ohne dieses Werkzeug nur schwer möglich wären (1992, S. 5).

Kognitive Werkzeuge können, wenn sie richtig eingesetzt und angewendet werden, kognitive und metakognitive⁷ Prozesse fördern. Sie sollen den Prozeß der Konstruktion von Wissen durch den Lernenden unterstützen bzw. ermöglichen. Sie sind Werkzeuge für die Konstruktion von Wissen, die das Denken erweitern. Sie werden vom Lernenden gesteuert und nicht vom Lehrer oder der eingesetzten Technologie. Insbesondere die Realität bestimmenden Verschachtelungen und Gleichzeitigkeiten von Ereignissen sowie die zeitverzögernde Wirkung von multiplen Entscheidungen können simultan betrachtet und in ihrer Entwicklung über Zeit abgebildet werden.

Die *dynamischen Charakteristika* von Mentalen Modellen, der Wechsel zwischen unterschiedlichen Zuständen und ihre Auswirkungen, können durch Präsentationsweisen unterstützt werden, die Dynamik vorführen oder die sich durch die Lernenden auf Wunsch dynamisieren lassen (Weidenmann 1995).

Jonasson spricht von ‘cognitive tools’, die er auch als ‘mind tools’ bezeichnet. Er definiert ‘mind tools’ als kognitive Werkzeuge für das Lernen. Er unterscheidet hierbei zwischen semantischen Netzen, Hypermedia, Expertensystemen, Mikrowelten⁸ und dynamischen Modellierungswerkzeugen (Jonassen 1997). In einer empirischen Untersuchung zu Hypertexten, die von Lernenden erstellt wurden, kommt er zu dem Ergebnis, daß Softwareanwendungen Einfluß darauf haben, wie Lernende inhaltliche Zusammenhänge wahrnehmen. Die Verknüpfungen (‘links’) haben dabei die Funktion von Navigationswerkzeugen, um konzeptuelle Verbindungen zu ermöglichen. Jonassen (1992, S. 5) betont, „... cognitive tools are constructivistic because they actively engage learners in creation of knowledge that reflects their comprehension and conception of the information rather than focusing on the presentation of objective knowledge“.

3.2 Förderung des Erwerbs von Wissen

Eine Förderung des Wissenserwerbs durch die Visualisierung und Elaboration von Mentalen Modellen wird vermutet. Die Möglichkeit, Lernprozesse zu unterstützen oder zu initiieren, wird mit Hilfe des Ansatzes „cognitive tools“ begründet (Salomon 1991).

Im Sinne dieser Argumentation stützt sich der diskutierte Ansatz auf Mikrowelten und dynamische Modellierungswerkzeuge. Hierbei ist sowohl der Zugang über die Exploration von Mikrowelten als auch über das expressive⁹ (eigenständige) Erstellen von Modellen durch dynamische Modellierungswerkzeuge möglich. Aus funktionaler Sicht stellt eine Mikrowelt eine „Arena“ für Entdeckungen, für das Testen von Hypothesen und für das Lernen dar (Edwards 1995).

Mikrowelten müssen nicht notwendigerweise computergestützt sein (Groen; Kieran 1983; Papert 1982), aber die Computerunterstützung bietet u.a. die Qualität des unmittelbaren ‘feedback’. Ohne solche Rückmeldungen könnten Lernende eine fehlerhafte oder ‘falsche’ Mikrowelt erfinden, ohne ein korrekatives Element durch Fehlermeldungen oder durch

⁷Metakognition ist Wissen über eigene Denk- und Lernaktivitäten.

⁸Unter Mikrowelten versteht Papert (1982, S. 156) ganz allgemein eine ‘simulierte Welt’. „Lernende in ... einer Mikrowelt sind in der Lage, ihre eigenen Annahmen über die Mikrowelt und ihre Gesetze zu erfinden und sie auch wahr werden zu lassen. Sie können die Wirklichkeit formen, ... sie können sie modifizieren und Alternativen schaffen“ (Papert 1982, S. 159).

⁹ In Anlehnung an Bliss wird hier die Unterscheidung zweier Modi im Umgang mit Modellbildungssystemen übernommen (vgl. auch Schecker 1995):

‘expressive mode’: Eigene Konstruktion und Erprobung eines Modells zu einem vorgegebenen Sachverhalt.

‘exploratory mode’: Erkundung eines fertigen Modells durch Simulationsläufe und evtl. Modifikation der vorgegebenen Modellstruktur.

Vorstellungen zur Modifikation, zur Ausweitung oder zur prinzipiellen Änderung von Modellen lassen sich in der Interaktion unmittelbar umsetzen. Dieser Prozeß erfordert die Präzisierung der eigenen Vorstellungen und spiegelt deren Angemessenheit in den Modellzuständen, die aus den Vorgaben entstehen. (Breuer; Davidsen 1989, S. 27-28)

Lehrenden oder Diagnostikern erlaubt es, die verfügbaren Wissensbestände zu erkunden und zu bewerten. Die Validierung eines systemdynamischen Modells über das Mentale Modell ist integraler Bestandteil des Modellierungsprozesses, d.h. in den verschiedenen Schritten der Modellbildung kann auch immer eine Gültigkeitsprüfung stattfinden.

Dabei werden im wesentlichen drei Aspekte der Gültigkeit unterschieden (Forrester 1961; Bossel 1994; Roberts et al. 1994):

- Strukturgültigkeit
- Parametergültigkeit
- Verhaltensgültigkeit

Die Prüfung der Strukturgültigkeit zielt auf die Feststellung, ob wesentliche Elemente des behandelten Gegenstandsbereichs einbezogen worden sind. Diese Elemente sollten *auch in der Welt identifiziert* werden können und nicht nur fiktiven Größen darstellen (vgl. Abb.2). Diesem Aspekt der Validierung kommt bei der qualitativen Analyse eines Gegenstandsbereiches besondere Bedeutung zu.

Die Parametergültigkeit wird bei der Quantifizierung des Modells bedeutsam. Die abgebildeten Größen sollten Werteausprägungen ausweisen, die dem empirischen Wissen entsprechen. Über die Simulation des konstruierten Modells wird eine Validierung des Modellverhaltens möglich. Das Modell soll sich unter den gegebenen Rahmenbedingungen analog zum Gegenstandsbereich in der Realität verhalten, d.h. die gleichen Verhaltensmuster aufweisen. Den einzelnen Werteausprägungen kommt dabei eine untergeordnete Rolle zu.

Die bisherigen Ausführungen begründen aus unserer Sicht das folgende Zwischenergebnis: Mentale Modelle sind häufig nicht logisch bzw. stringent in ihren Erklärungsmustern. Zentrale Annahme ist, daß Mentale Modelle mit Hilfe von Modellbildungswerkzeugen visualisiert, verifiziert und elaboriert werden können. Das gilt insbesondere für Gegenstände in komplexen Zusammenhängen. Aus wirtschaftspädagogischer Perspektive sollte es so möglich werden, verdeckte, grundlegende Strukturen von komplexen Handlungssituationen abzubilden (Achtenhagen; Oldenbürger 1996).

3.3 Die Unzulänglichkeiten von Notationssystemen

Das Notationssystem der Wissenschaftssprache wie auch der Alltagssprache erweist sich im Lichte der Befunde aus der Problemlöseforschung als wenig differenziert und wenig geeignet für die Abbildung von komplexen Zusammenhängen. Das formal-logische Notationssystem der Mathematik bildet für Lernende immer wieder eine Zugangsbarriere und stößt bei der Abbildung von multiplen, nicht-linearen Zusammenhängen an Grenzen. Das gilt auch für den Zugang über höhere Programmiersprachen. In graphisch orientierten Modellbildungs- und Simulationssystemen können komplexe Wirklichkeitsbereiche in symbolischer Form mit analogem Charakter abgebildet werden. Dieses Notationssystem hat den Nachteil, eine Eingrenzung, Festlegung im Sinne der Variabilität von Sprache vorzunehmen, jedoch den Vorteil, funktional zu sein. Wir sprechen deshalb von Funktionalität, da über die Abbildung nicht nur Begriffssysteme aktiviert und elaboriert werden, sondern Beziehungen zwischen diesen Begriffen hergestellt und das systemische Verhalten des Modells über die Simulation vom Lernenden visualisiert werden kann.

Wir vermuten durch die symbolische Abbildung mit analogem Charakter einen vergleichsweise intuitiven Zugang d.h. niedrigere Zugangsbarrieren als über formal-logische Notationssysteme.

4 Erhebung und Diagnose von Prozeßdaten mit Hilfe von Modellbildungswerkzeugen

4.1 Gegenwärtige Erhebungsmethoden

Vorgehensweisen zur Erhebung und Diagnose von Mentalen Modellen sind u.a. 'Lautes Denken', Interviews, Observation und pikturale Darstellungen.

Die Erhebungsmethode 'Lautes Denken' wird von Ericsson und Simon (1984) als valides und reliables Verfahren eingeschätzt, welches während der Auseinandersetzung mit Arbeitsaufträgen eingesetzt wird.

Allerdings gibt es Wissen, das nur schwer verbalisierbar ist. Auf der Basis der Annahme, daß Mentale Modelle hybride Systeme sind, d.h. Wissen nicht nur in propositionaler Form abgespeichert wird, erscheint die Erhebungsform des 'Lauten Denkens' - da der verbale Code eine große Affinität zur propositionalen Repräsentation hat - für die Erforschung Mentaler Modelle nur eingeschränkt hilfreich.

Offene Interviews stellen, da ex-post durchgeführt, eine Aufbereitung des Wissens dar und verzerren somit durch die erneute Auseinandersetzung den aktuellen Wissensstand.

Da aus konstruktivistischer Perspektive Wissen immer subjektiv konstruiert wird, projiziert der Interviewer sein Mentales Modell auf das angenommene Modell des Interviewten und interpretiert es entsprechend. Dies ist eine Erscheinung jeglicher menschlicher bidirektionaler Kommunikation.

Das Verfahren der Beobachtung gibt keine direkte Auskunft über das Mentale Modell des Beobachteten. Es können nur Rückschlüsse über das Verhalten auf das Mentale Modell vorgenommen werden.

Der Vorteil der piktoralen Darstellung ist, daß hier Wissen, welches der Proband im verbalen Code nicht repräsentieren kann, darstellbar ist. Die Zeichnung selbst muß allerdings wieder interpretiert werden.

Als Ergebnis kann man formulieren, daß allen Verfahren Einschränkungen unterliegen und es sinnvoll erscheint, diese Methoden miteinander zu kombinieren.

4.2 Der Modellierungsprozeß und das Erhebungsverfahren

Bislang haben wir mit Modellbildungswerkzeugen den Aspekt eines „cognitive tool“ sensu Jonassen (1992) für den Lernenden besonders betont. Da wir, wie in Abschnitt 3.3 zu Notationssystemen bereits angesprochen, mit Hilfe einer eindeutigen Notation sowohl kodieren als auch enkodieren können, möchten wir hier Modellbildungswerkzeuge als „knowledge representation system“¹⁰, hier allerdings im Sinne eines *Diagnoseinstruments*, einsetzen und damit den Lernfortschritt des Lernenden aufzeichnen.

Das Forschungsvorhaben respektive die Modellbildung fokussiert den Gegenstandsbereich der Betriebswirtschaftslehre.

Zum einen stützen wir uns dabei auf das Curriculum für Industriekaufleute, welches u.a. fordert, „... die Schülerinnen und Schüler sollen daher ... die Fähigkeit zum Denken in komplexen ökonomischen Zusammenhängen sowie zum selbständigen, flexiblen, situationsbezogenen beruflichen Handeln entwickeln.“¹¹

In der Orientierung an den Stundenverteilungsplan der speziellen Wirtschaftslehre (IBL) werden die folgenden Lernabschnitte durch Modellierungs- und Simulationsaktivitäten unterstützt.¹²

¹⁰ Jonassen, D.: Learning from, in, and with Multimedia (Vortrag); Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft in Hamburg. März 1998.

¹¹ Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Industriekaufmann/Industriekauffrau 1995.

¹² Hier läßt sich über die Systemdynamische Modellbildung und Simulation auch eine Verknüpfung zum Lerngebiet Rechnungswesen herstellen.

Lernabschnitte	Zeitrichtwerte
1. Der betriebliche Leistungsprozeß und die betriebliche Organisationsstruktur	40
2. Betriebliche Funktionen	220
– Materialwirtschaft	
– Produktionswirtschaft	
– Absatzwirtschaft	
3. Übergreifende Funktionen	100
– Personalwirtschaft	
– Finanzwirtschaft	
Zeitrichtwerte insgesamt	360

Quelle: Rahmenlehrplan Industriekaufmann/Industriekauffrau

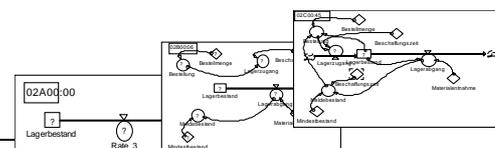
Begründen läßt sich dies zum anderen durch einen vermuteten intuitiveren Zugang über die quasi graphisch-analoge Notation. Die dort vorgenommene Unterscheidung in Bestands- und Flußgrößen läßt sich auch in der Betriebswirtschaftslehre vorfinden (z.B. Lagerbestand, Materialfluß, Zahlungsstrom).¹³

Modellierung

Die Modellierung des Lagermodells (Bestellpunktverfahren) als Beispiel zur Entwicklung, Konstruktion und Validierung eines Gegenstandsbereiches wird aus Schülerperspektive dargestellt. Diese aufgezeichnete Vorgehensweise ist keineswegs in dieser Reihenfolge festgelegt. Sie ist stark abhängig vom Lernertyp und den individuellen Lerngewohnheiten, d.h. sie wird vom Lernenden selbst bestimmt. Auch wäre die Modellierung alternativer Bestellpolitiken denkbar, weil damit auch immer ein Entwicklungsprozeß über Zeit verbunden ist.

Erhebung

Während der Lernende sein Modell erstellt (expressiv modelliert), wird über eine Sicherungsroutine der Software der aktuelle Entwicklungsstand des konstruierten Modells gespeichert. Diese Aufzeichnung wird über Zeitintervalle vorgenommen, weil



¹³ „Sämtliche Güter- und Finanzbewegungen eines Betriebes werden vom betrieblichen Rechnungswesen aufgezeichnet und überwacht. ... Bestandskonten: Sie nehmen für jede Vermögens- und Kapitalart den Anfangsbestand einer Abrechnungsperiode auf, sammeln die Zugänge und Abgänge während der Periode, zeigen also die Bewegung der Bestände, ...“ (Wöhe 1996, S. 1f; S. 967).

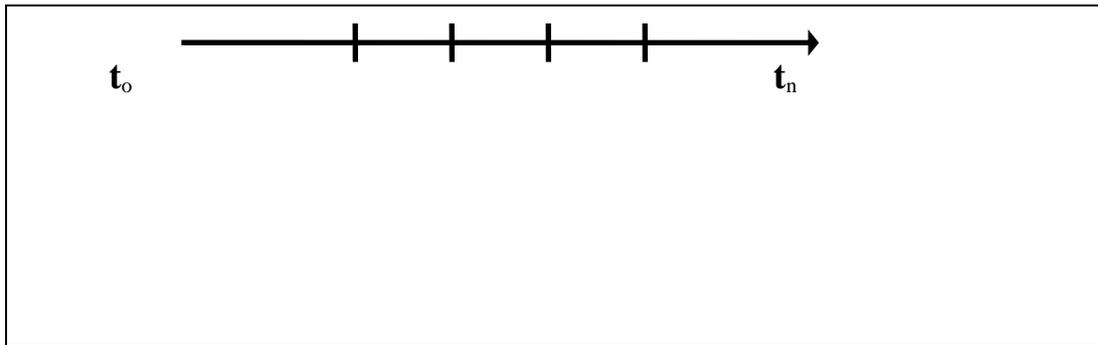


Abb.3: Erhebungstechnik

die Entwicklungsstände des Modells Auskunft über die Entwicklung der Wissensstruktur des Lernenden geben. Weiterhin kann die Vorgehensweise des Schülers während der Modellierung Informationen über das Lernerhalten geben.

Die Aktivitäten der Konstruktion und Validierung (K,V) aus Sicht des Schülers und der Diagnose aus Sicht der Experten (D) werden im folgenden voneinander abgrenzend, aber aufeinander bezogen, beschrieben.

Beginn der Lernsequenz

(K,V) Folgende komplexe Aufgabenstellung wird den Lernenden an die Hand gegeben:

Fall:

Der exklusive Skihersteller *Schneeweiß* beschließt zur Sicherstellung seines kontinuierlichen Produktionsablaufs ein Beschaffungslager zu bauen. Nur so – sagt die Geschäftsleitung – können die sich aus den Bedarfsplänen ergebenden Materialmengen (Holz) rechtzeitig bereitgestellt werden. Die zentrale Problemstellung in der Lagerdisposition liegt nun darin, den Lagerbestand aufzufüllen und Fehlmengen zu vermeiden. Zudem soll für etwaige Unsicherheiten ein Sicherheitsbestand (100 qm Holz) eingeplant werden. Das Unternehmen entschließt sich für ein Bestellpunkt-Verfahren mit fixer Bestellmenge von 900 qm Holz. Eine Bestellung ist deshalb immer dann auszulösen, wenn ein bestimmter Lagerbestand, der als Meldemenge bezeichnet wird, erreicht ist. Die Meldemenge muß dabei so dimensioniert sein, daß sie ausreicht, die während der Beschaffungszeit (2 Wochen) auftretenden Materialentnahmen und den Sicherheitsbestand zu gewährleisten. Zur Herstellung von einem Skipaar werden im Durchschnitt 0,5 qm Holz benötigt. Bei *Schneeweiß* werden wöchentlich 100 Paar Skier gefertigt.

Arbeitsauftrag

Bilden Sie mit Hilfe eines systemdynamischen Modells die Bestellpolitik von *Schneeweiß* ab. Stellen Sie zudem den Lagerbestand zusammen mit der Meldemenge und dem Sicherheitsbestand unter den o.g. Annahmen über 1 Jahr in einem Zeitgraphen dar.

Wie verändert sich die Meldemenge, wenn

- die Beschaffungszeit verdoppelt wird,
- aufgrund guter Absatzlage die Skiproduktion auf wöchentlich 120 Paare steigt und
- der Sicherheitsbestand wegen einer drohenden Lieferverzögerung auf 200 qm angehoben wird?

Abb. 4: Arbeitsauftrag für Lernende zur systemdynamischen Modellbildung im Unterricht der BWL

(K;V) Der Schüler beginnt nun auf der noch „unbeschrieben“ Oberfläche des Modellbildungssystems, die für ihn wichtigen Größen eines Lagers abzubilden. Er muß hierzu die wesentlichen Größen aus der Aufgabenstellung herausarbeiten und diese in

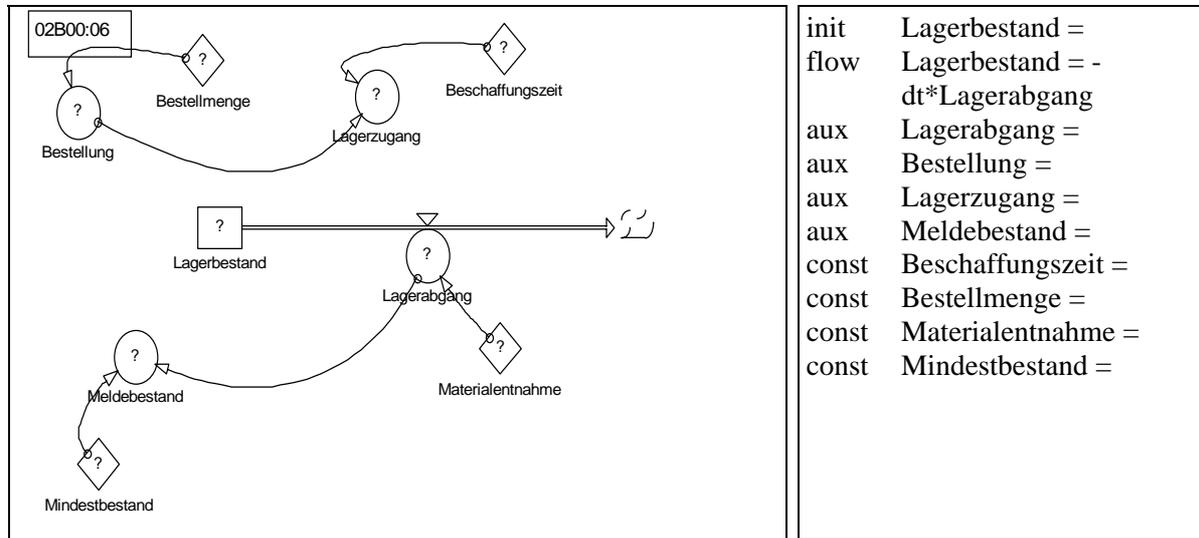


Abb.5: Individueller Entwicklungsstand (1) zur Arbeitsaufgabe Lagerdisposition (Bestellpunktverfahren)

Bestandsgrößen (Zustandsvariablen), Flußgrößen (Änderungsraten), Konstanten und Hilfsvariablen einteilen. Dabei kann der Lernende auch ein Lehrbuch oder andere Quellen heranziehen.

(K,V) Die Fragezeichen im Modell (Abb.5) informieren den Lernenden, daß diese Größen noch nicht ausreichend beschrieben sind. In dem rechten Kasten kann sich der Lernende anzeigen lassen, welche Größen er bereits definiert hat.

(D) Aus dem erhobenen Modellentwicklungsstand ist erkennbar, daß der Lernende zunächst die für ihn bedeutsamen Elemente des Lagermodells in systemdynamischer Notation auf dem Bildschirm abgebildet hat.

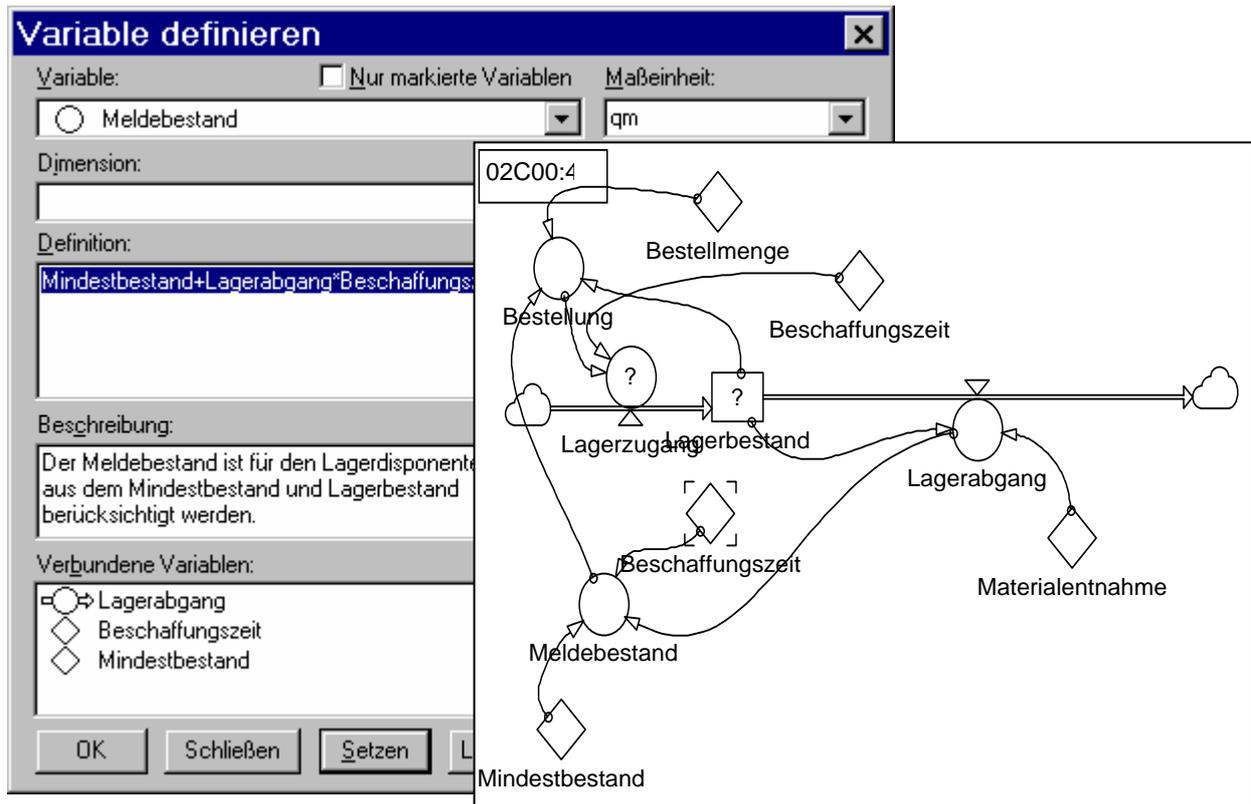


Abb.6: Modellentwicklungsstand (2) mit geöffnetem Definitionsfenster

D) Die Erhebung des Modellentwicklungsstand (Abb.6) zeigt die Auseinandersetzung mit der Größe Meldebestand.

(K,V) Der Lernende öffnet das Definitionsfenster zur entsprechenden Variablen. Die verknüpften Variablen werden im Fenster *Verbunde Variablen* angezeigt. Dem Lernenden wird angezeigt, welche Größen er in der qualitativen Abbildung mit der Variablen Meldebestand verknüpft hat und nun in diesem Schritt in ihren Relationen zu quantifizieren sind.

(D) Im Feld *Beschreibung* kann die verbale Beschreibung der definierten Größen abgelesen werden und damit auf das deklarative und prozedurale Wissen des Lernenden geschlossen werden.

(D) Die Erhebung in Abb.7 zeigt die Simulation des Modells nach einer syntaktisch vollständigen Beschreibung. Das Modellverhalten wird graphisch angezeigt.

(K,V)/(D) Dieser Vorgang stellt sowohl ein Feedback zur Verhaltensgültigkeit des Modells für den Lernenden dar, als auch ein Ansatz zur Diagnose aus der Sicht des Experten zur Konformität mit kaufmännischen Erklärungsmustern.

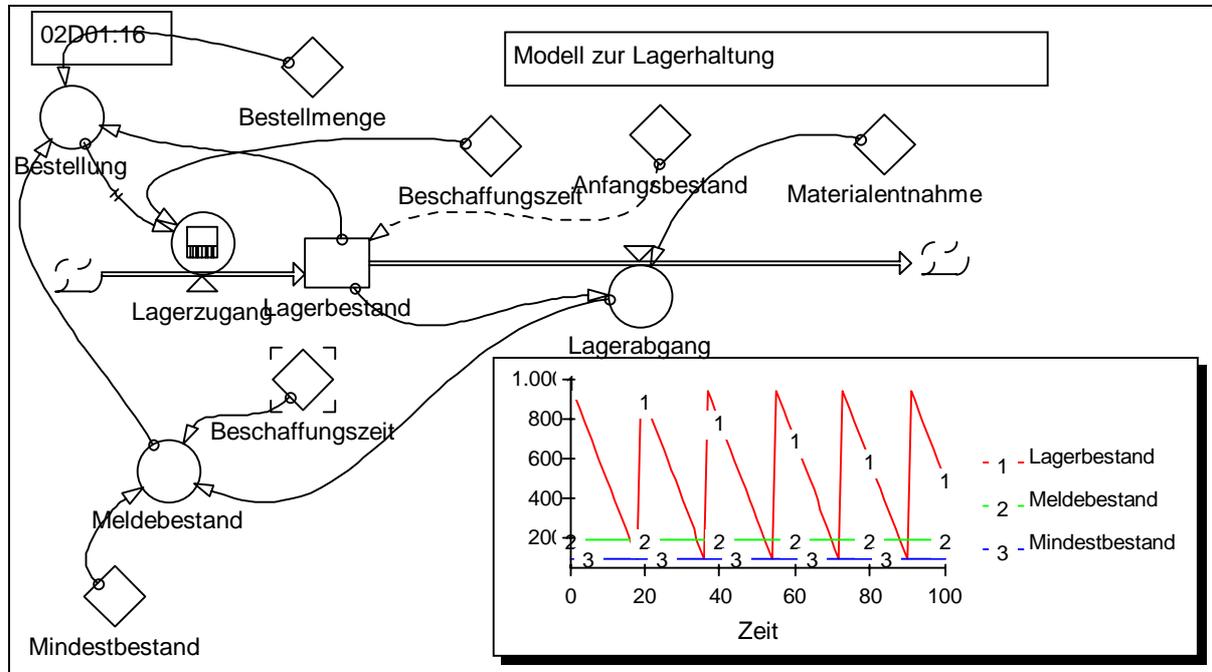


Abb.7: Simulation des Modells

Die Simulation ist eine wichtige Phase während des Modellierungsprozesses, da der Lernende selbst oder kooperativ mit anderen die Verhaltensgültigkeit des Modells überprüfen kann. Er muß für sich oder andere eine plausible Erklärung für das Verhalten des Modells finden. Sind diese Ergebnisse weder begründbar noch vergleichbar mit den Phänomenen in der Welt (vgl. Abb.2) muß der Lernende das entwickelte Modell überdenken und in Richtung auf eine verbesserte Funktionalität hin verändern. Diesen Prozeß erachten wir als bedeutsam für die Elaboration des Mentalen Modells.

Diagnoseverfahren

Wie exemplarisch am Beispiel Lagerdisposition aufgezeigt, können Modellentwicklungsstände aufgezeichnet und Rückschlüsse auf Lernprozesse vorgenommen werden.

Eine Analyse der Entwicklungsstände des systemdynamischen Modells ist anhand eines Kriterienkataloges mit jeweils 2-3 Items angedacht. Zunächst wird im Diagnoseverfahren zwischen Struktur und Verhalten unterschieden.

STRUKTUR

QUALITATIVE BETRACHTUNG

- abgebildete Materialflüsse und Raten
- zugehörige zentrale Regelkreise

HALB-QUALITATIVE BETRACHTUNG

- abgebildete Größen, als wesentliche Bestandteile eines „Konzeptes“ hinsichtlich der Vollständigkeit, welche durch die Aufgabenstellung relativ bestimmt wird (Minimalanforderung)
- Verbale Beschreibung der Größen im Feld „Beschreibung“ im Definitionsfenster (Definitionen und Regeln)
- Formale mathematische Beschreibung der Größen im Feld „Definition“ im Definitionsfenster

VERHALTEN

KONFORMITÄT

(zu kaufmännischen Erklärungsmustern)

VERHALTENSTREUE

(Erklärung des Verhalten aus der Sicht des Schülers und Rückführung auf die Systemstruktur, Modellinterpretation)

Über diesen beiden Aspekte hinaus hat die Formulierung von Entscheidungsregeln (policy), welche eine (effektive) Lenkung eines systemdynamischen Modells ermöglichen, in unserem Ansatz einen besonderen Stellenwert. Wir gehen davon aus, daß Entscheidungsregeln nur dann angemessen formuliert werden können, wenn das VERHALTEN des Systems, welches auf die STRUKTUR zurückführbar ist, vom Lernenden durchdrungen worden ist.

5 Ausblick

Im Rahmen des DFG-Projektes haben wir ein Forschungsdesign entwickelt, welches vorsieht, die Modellierungsaktivitäten der Lernenden in einen didaktischen Gesamtrahmen einzubetten. Kern dieses Rahmens bildet eine systemdynamische Unternehmenssimulation. Sie orientiert sich an der Prozeßhaftigkeit betriebswirtschaftlicher Aktivitäten, der Wertkette nach Porter (1986).

Aus wirtschaftspädagogischer Perspektive geht unser Ansatz mit der Zielsetzung einher, den Zugang zu komplexen ökonomischen Gegenstandsbereichen zu unterstützen und insbesondere die Wechselwirkungen zwischen den - sonst meist isoliert betrachteten - kaufmännischen Konzepten sichtbar, mitteilbar und damit begreifbar zu machen. Dies ist im gegenwärtigen Rahmenlehrplan für Industriekaufleute als Intentionalität gefordert. Die in diesem Lehrplan ausgewiesenen kaufmännischen Konzepte lassen sich in der systemdynamischen Unternehmenssimulation wiederfinden.

Zunächst wird die methodische Erprobung in den Vordergrund gestellt, dergestalt, daß zunächst ein Zugang über die Simulation zu einer betriebswirtschaftlichen Unternehmung mit ihren wesentlichen Bestimmungsgrößen ermöglicht wird. Anschließend wird in Lernsequenzen jeweils der Fokus auf einzelne Aktivitäten in der Wertkette gelenkt, die expressiv oder explorativ bearbeitet werden. Abschließend sollen die Schüler, die nun intensiv die einzelnen Aktivitäten einer Unternehmung kennengelernt haben, die systemdynamische Unternehmenssimulation selbständig lenken. Methodisch und inhaltlich werden die Unterrichtsmaterialien in Zusammenarbeit mit einer Arbeitsgruppe von Lehrern entworfen. Die Realisierung ist an rheinland-pfälzischen Berufsschulen als Längsschnittstudie mit Industriekaufleuten angelegt.

Mit dem Forschungsprojekt werden folgende Aspekte zu Lernprozessen betont:

Die kognitive Belastung der Lernenden durch Routinetätigkeiten (z.B. mathematische Operationen) soll verringert werden, so daß kognitive Operationen höherer Ordnung zur Bewältigung von Gegenstandsbereichen, die durch Komplexität gekennzeichnet sind, mit Hilfe von Modellbildungssoftware als kognitivem Werkzeug ermöglicht werden können. Zielsetzung ist es, eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Lerngegenständen zu ermöglichen sowie die Entwicklung und Elaboration Mentaler Modelle zu unterstützen.

Literaturverzeichnis

- Achtenhagen, F. u.a.(1992): Lernhandeln in komplexen Situationen - neue Konzepte der betriebswirtschaftlichen Ausbildung. Wiesbaden. Gabler.
- Achtenhagen, F.; Oldenbürger, H. A. (1996): Goals for further vocational education and training: The view of employees and the view of superiors, in: International Journal Educ. Res., Vol. 25., No 5, S. 381-472.
- Beschluß der KMK vom 9.Juni (1995): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Industriekaufmann/Industriekauffrau.
- Bliss, J. et al.(1993): Educational tools for computational modelling., in: Computers Education, Vol. 21, No. 3, S. 205-261.
- Bossel, H. (1994): Modellbildung und Simulation: Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme. Braunschweig/Wiesbaden. Vieweg.
- Breierova, L., Choudhari, M. (1996). An Introduction to Sensitivity Analysis. Paper D-4526. Cambridge, MA. M.I.T..
- Breuer, K. U.; Davidsen, P. (1989): Computersimulationen im Unterricht der sozialwissenschaftlichen Fächer, in LOG IN 9, Heft 4, S. 24-29.
- Breuer, K.U. (1983): Lernen mit computersimulierten komplexen dynamischen Systemen. S. 341- 351., in: Wirkungssysteme und Reformansätze in der Pädagogik (1988). Hrsg.: Lechner, E.; Zielinski, J., Frankfurt.
- Craik, F.I.M., Lockhart, R.S. (1972): Levels of processing: A framework for memory research, in: Journal of Verbal learning and Verbal Behaviour, Vol. 11, S. 671-684.
- Dann, H.-D. (1992): Variationen von Lege-Strukturen zur Wissensrepräsentation, S. 3-38., in: Struktur-Lege-Verfahren als Dialog-Konsens-Methodik. Hrsg.: Scheele, B., Münster. Aschendorf.
- de Kleer, J.; Brown, J.S. (1983): Assumptions and Ambiguities in Mechanistic Mental Models, S.155-190, in: Mental Models. Hrsg.: Gentner, D.; Stevens, A.L., Hillsdale. N.J.
- Diepold, P. (1991): Lernarrangements für die kaufmännische Ausbildung: Der Modellversuch WOKI (1985 - 1990), in: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis. Heft 6, Jg.20, S. 2-7.
- Dörner, D.; Reither, F. (1978): Über das Problemlösen in sehr komplexen Realitätsbereichen, in: Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie, Heft 25, S. 527-551.
- Dutke, S. (1993): Mentale Modelle beim Erinnern sprachlich räumlicher Anordnungen: Zur Interaktion von Gedächtnisschemata und Textrepräsentation; in: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie, Band XL, Heft 1, S. 44-71.

- Edwards, L. D. (1995): Microworlds as Representations, in: Computers and exploratory learning. Hrsg.: diSessa A. A.; Hoyles, C.; Noss, R.; Nato ASI Series, F: Computer and Systems Sciences, Vol. 146., S. 128-154.
- Engelkamp, J.; Pechmann, T. (1993): Mentale Repräsentation. Göttingen.
- Ericsson, K.A.; Simon, H.A. (1984): Protocol analysis. Verbal reports as data. Cambridge. MA. MIT Press.
- Forrester, J. W. (1961). Industrial Dynamics. Portland, Oregon. Productivity Press.
- Fürstenau, B. (1994): Komplexes Problemlösen im betriebswirtschaftlichen Unterricht. Wiesbaden.
- Groen, G.; Kieran, C. (1983): In search of piagetian mathematics, in: The development of mathematics education, Hrsg.: Ginsburg, H., Vol. 22/3., S. 170-218.
- Hasebrook, J. (1995): Multimedia - Psychologie. Heidelberg.
- Holland, J.H., Holyoak, K.J., Nisbett, R.E. & Thargard, P.R. (1986): Induction. Cambridge, Mass. MIT Press.
- Hippchen, T. (1995): Begriffsnetzbearbeitung am Computer - Ein Forschungsprojekt, in: Unterrichtswissenschaft, Zeitschrift für Lernforschung, Heft 3, Jg. 23, S. 251-264.
- Issing, L.J. (1995): Instruktionsdesign für Multimedia. S. 195-240, in: Information und Lernen mit Multimedia. Hrsg.: Issing, L. J.; Klimsa, P. Weinheim.
- Johnson-Laird, P. N. (1988): The computer and the mind. An introduction to cognitive science. Havard. University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1983): Mental Models. Towards a cognitive science of language. Inference and consciousness. Cambridge. University Press.
- Jonassen, D. H. & Henning, P.(February,1997): Conference Paper (player): Knowledge in the head and knowledge in the world. www.ed.psu.edu/~jonassen/Papers.html (05.1997).
- Jonassen, D. H. et. al. (1993): Structural knowledge: Techniques for Representing, Conveying and Acquiring Structural Knowledge, Hillsdale, N. J. Erlbaum.
- Jonassen, D. H. (1992): What are Cognitive Tools, in: Cognitive Tools for Learning. Hrsg.: Kommers, P. A. M.; Jonassen, D. H.; Mayes, J. T., Nato ASI Series, F: Computer and Systems Sciences. Vol. 81, S. 1-6.
- Jüngst, K. L.; Strittmatter, P. (1995): Wissensstrukturdarstellung: Theoretische Ansätze und praktische Relevanz, in: Unterrichtswissenschaft, Zeitschrift für Lernforschung, Heft 3, Jg. 23, S. 194-207.

- Kempton, W. (1986): Two theories of home heat control, in: *Cognitive Science*, Vol.10, S. 75-90.
- Kluwe, R.H.; Haider, H.(1990): Modelle zur internen Repräsentation komplexer technischer Systeme, in: *Sprache & Kognition*, Jg. 9, Heft 4, S.173-192.
- Leutner, D. (1992): *Adaptive Lernsysteme*. Weinheim.
- Lüer et al. (1996): Repräsentation analogen Wissens im Gedächtnis. S. 75-125., in: *Das Gedächtnis*. Hrsg.: Dörner, D.; van der Meer, E., Göttingen.
- Mandl, H; Friedrich, H.F. ; Hron, A. (1988):Theoretische Ansätze zum Wissenserwerb, in: *Wissenspsychologie*. Hrsg.: Mandl, H.; Spada, H., München.
- Mc Koon, G.; Ratcliff, R. (1992): Inference during reading., in: *Psychological Review*, Vol. 99, S. 440-466.
- Norman, D.A. (1983): Some Observations on Mental Models, S.7-14., in: *Mental Models*. Hrsg.: Gentner, D. & Stevens., A.L. Hillsdale. N.J.
- O'Brien, E. ; Albrecht, J. E., (1993): Updating a Mental Model: Maintaining both local and global coherence, in: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, Vol.19, 5, S.1061-1070.
- Papert, S. (1982): *Mindstorms. Kinder, Computer und Neues Lernen*. Basel.
- Porter, M.E. (1986): *Wettbewerbsvorteile (Competitive Advantage)*. Frankfurt.
- Putz-Osterloh, W. (1993): Unterschiede im Erwerb und in der Reichweite des Wissens bei der Steuerung eines dynamischen Systems, in: *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, Band XL, Heft 3, S. 386-410.
- Reder, L.M.(1979): The role of elaborations in memory for prose, in: *Cognitive Psychology*, Vol.11, S. 221-234.
- Roberts, N., Andersen, D., Deal, R., Garet, M., Shaffer, W. (1994): *Introduction to Computer Simulation. A System Dynamics Modeling Approach*. Portland, Oregon. Productivity Press.
- Salomon, G. (1991): Partners in Cognition: Extending Human Intelligence with Intelligent Technologies, in: *Educational Researcher*. Vol. 4, S. 2-9.
- Schecker, H. (1995): Vorlage zum DIFF-Workshop „Systemisches Denken - Lehren und Lernen mit Simulationen und Modellbildungssystemen in Tübingen.
- van der Meer, E.(1996):Gesetzmäßigkeiten und Steuerungsmöglichkeiten des Wissenserwerbs, S. 208-248., in: *Enzyklopädie der Psychologie Bd.2.*, Hrsg.: Weinert, F. E., München.
- Weidenmann, B. (1996): Zeichen und Symbolsysteme in medialen Lernangeboten. S. 338-343., in: *Enzyklopädie der Psychologie*. Hrsg.: Weinert, F. E., München.

Weidenmann, B. (1995): Multikodierung und Multimodalität im Lernprozeß. S. 65-84., in: Informationen und Lernen mit Multimedia. Hrsg.: Issing, L. J.; Klimsa, P., Weinheim.

Wöhe, G. (1996): Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre 19. Aufl.. München.

Bisher erschienen

Heft Nr. 1

Lüdecke-Plümer, S., Zirkel, A. & Beck, K. (1997). *Vocational Training and Moral Judgment – Are There Gender-Specific Traits Among Apprentices in Commercial Business?*

Heft Nr. 2

Minnameier, G., Heinrichs, K., Parche-Kawik, K. & Beck, K. (1997). *Homogeneity of Moral Judgement? - Apprentices Solving Business Conflicts.*

Heft Nr. 3

Lüdecke-Plümer, S. (1997). *Bedingungen der Entwicklung des moralischen Urteils bei angehenden Versicherungskaufleuten.*

Heft Nr. 4

Heinrichs, K. (1997). *Die „Schlüsselqualifikation“ moralische Urteilsfähigkeit – Ihre Entwicklung und Ausprägung bei kaufmännischen Auszubildenden.*

Heft Nr. 5

Beck, K. (1997). *The Segmentation of Moral Judgment of Adolescent Students in Germany – Findings and Problems.*

Heft Nr. 6

Heinrichs, K. (1997). *Betriebsbezogene moralische Urteile von Auszubildenden im Versicherungswesen – Persönlichkeitsspezifisch oder situationsspezifisch?*

Heft Nr. 7

Sczesny, Ch. (1997). *Das Lösungsverhalten bei wirtschaftskundlichen Aufgaben – Visuelle und physiologische Begleitprozesse situierter kognitiver Leistungen.*

Heft Nr. 8

Beck, K., Bienengraber, Th., Heinrichs, K., Lang, B., Lüdecke-Plümer, S., Minnameier, G., Parche-Kawik, K. & Zirkel, A. (1997). *Die moralische Urteils- und Handlungskompetenz von kaufmännischen Lehrlingen – Entwicklungsbedingungen und ihre pädagogische Gestaltung.*

Heft Nr. 9

Beck, K. (1997). *The Development of Moral Reasoning During Vocational Education.*

Heft Nr. 10

Sczesny, Ch., Lüdecke-Plümer, S. (1998). *Ökonomische Bildung Jugendlicher auf dem Prüfstand: Diagnose und Defizite.*

Heft Nr. 11

Lüdecke-Plümer, S., Sczesny, Ch. (1998). *Ökonomische Bildung im internationalen Vergleich.*

Heft Nr. 12

Beck, K., Bienengraber T., Parche-Kawik, K. (1998). *Entwicklungsbedingungen kaufmännischer Berufsmoral – Betrieb und Berufsschule als Sozialisationsmilieu für die Urteilskompetenz.*

Heft Nr. 13

Beck, K. (1998). *Wirtschaftserziehung und Moralerziehung – ein Widerspruch in sich? Zur Kritik der Kohlbergschen Moralentwicklungstheorie.*

Heft Nr. 14

Beck, K. (1998). *Moralerziehung in der Berufsausbildung?*

Heft Nr. 15

Beck, K. (1998). *Ethische Differenzierung als Grundlage, Aufgabe und Movens Lebenslangen Lernens.*

Heft Nr. 16

Parche-Kawik, K. (1998). *Wirtschaftsethik und Berufsmoral – Die Auseinandersetzung um das Leitbild für den modernen Kaufmann im Lichte empirischer Befunde.*